

السَّيِّدُ الرَّطْبِيُّ فِي الْفَلَاحِ

وعلامات و بالنجم
م يهتدون
(قرآن شريف)

الجزء الأول

وضع

عبد الحميد احمد عثمان البقلى

المدرس بـ مدرسة المساحة

(حقوق الطبع محفوظة)

مطبعة المعارف شارع الفجالة بمصر

١٩٢٦

السَّيَّالُ الرَّطْبِيُّ فِي الْفَلَائِكِ

وعلامات و٩النجم
م١١ يتدون
(قرآن شريف)

الجزء الأول

وضع

عبد الحميد محمد عثمان البقلى

المدرس بمدرسة المساحة

(حقوق الطبع محفوظة)



مطبعة المعارف شارع النجاة بمصر

١٩٢٦

عزيزى عبد الحيد

من أى السموات هبطت عليك رسالتك؟ ومن أى النواحي تستمد مجهودك
الفذ الخاليق بالإكبار والإعجاب؟

أمن الصبا والشباب ولهذا فوره ولذلك نزفه ونزوته؟ أم من الجو الذى تعيش
فيه وهو أن قدت فيه الهدام عدت منه المعين؟

أم هى العزمة الصادقة والإيمان الوطيد يلعبان دورهما أيضاً فى هذا النبوغ؟
سيطلع غداً مؤلفك النفيس فى أفق هذا البلد الفقير الفقير فى المادة التى
تناولتها بأسلوبك الخلاب ويانك الساحر فسقتها إلى قرائك وأودعهم فى حيرة
أهى فن اتخذ من الأدب سلماً للوصول بعقل الخاوى من علمها الجم؟ أم هى أدب
اتخذ من الفن موضوعاً للتدييح؟

وكلا الرأيين مصيب عندى . فرشاقتك فى تعبرك ولباقتك فى تفصيل مادتك
لها فضل أول فى تريب المعلومات الملتوية إلى أذهان القارئین :

ومن هنا نرى أن المعلومات التى يدفع بها المؤلفون جبلاً شاهقة رأسية الميل
ناعمة للمس يعز على من يدب فيها أن يصل منها إلى سماء :

تزفها أنت بسحرك وحسن حيلك أكما قصيرة يتخطاها الأعمى منا والبصير!
قدرة فائقة ليس يوهبها الكثير !!!

على أن الرجية فيك لن تنطفىء عند هذا الحد : ومجهود الشباب مرجو الثمرات
مضمون الغناء . وسنتذوق كتابك اليوم ، وعساك توالى غيثك حتى لا تضيق حلاوة
حاضرك فى طول النسيان والسلام ؟

بشمنس المساحة الميوديزية

ابراهيم سامى عزام

اهداء الكتاب

حضرة صاحب العزة ابراهيم بك زكى
باشمقش مدرسة المساحة

باسم العلم الذى خدمته والمدرسة التى رفعت من قدرها
والعزيمة الصادقة التى أنت لها المثل الأعلى أرفع لعزتك رسالة
أخرجتها من ثنايا الكتب ومجهود النفس واذلال الصعاب
لا الحاجة فى نفسى أرجو قضاءها ولكن سعيًا وراء نفع الطلبة
والمدرسة التى أنت عمادها الأعلى وتقديرًا منا لجهودك المشمرة
ورعايتك السامية التى شملتنا بها فتنازلوا ياسيدى بالتفضل بقبولها
عبد الحميد احمد عثمان

مقدمة

هذه الرسالة وليدة البحث والتقيب ، ونتيجة التجربة والسعى المتواصل ، وثمره تنقيح كثير من أساطين العلم والرياضة ، اذن . فليس لى فى وضعها فضل ما ، وهل أستطيع أن أدعى اننى بلغت من العلم درجة توهلنى الى استنباط شىء فى الفلك والرياضة وهى علوم قد اختص بها علماء الأماجد ؟ ؛ ان هى الافكرة نبئت فى رأسى لسة أعوام مضت يوم ان كنت مشغلاً بأعمال المثلثات حيث رأيت أن هناك عملاً رياضياً عظيماً (أعمال الجيوديزيا ومثلثات الدرجة الثانية) التى تتطلب ارساداً فلكية دقيقة هى أساس أعمال المصلحة جميعاً . عمل تقوم به فئة خاصة من أكابر الموظفين الأجانب فيزدونه بكل عناية وتحفظ فنحن نحسن بيدين عن الوقوف على شىء منه . لذا فأننى تصفحت الكتب المرية الهندسية والفلكية فلم أظفر منها على كثير من أملى . فطرقت باب الكتب الأجنبية حتى استطعت أن أقضى منها .

لباتنى بعد جهد متواصل

جمعت كلمة أو اثنتين عرضتها على بعض من العلماء فوجدت منهم معونة تامة وارشاداً جليلاً

وهنا أقدم بالشكر لحضرات أصحاب العزة المحترمين صادق بك جوهر مدير ادارة التعليم بمدارس الأوقاف الملكية وحضرة محمد بك قاسم كبير المفتشين بمصلحة الطبليات وحضرة الأخ حسن افندى صديق مدرس الرياضة بمدرسة الفنون والصنائع وحضرة الأخ ابراهيم افندى عزام باشمهندس قسم الجيوديزيا على المعونة التى لقيتها منهم جميعاً وعلى الارشاد الجليل والملاحظات الدقيقة التى أبدوها نحو هذه الرسالة

قضيت ليالى متوالية أرقب الأجرام وحركاتها تطبيقاً لنظريات درستها فاستطعت بعد كل ذلك أن أخرج سنة ١٩٢٠ تلك الكلمة التي لم أجد اذ ذاك ما يشجنى على نشرها فأبقيتها

حتى اذا ما كلفت بعملى بمدرسة المساحة رأيت الفرصة سانحة لآخراجها الى حيز التنفيذ اذ لقيت تعضيداً قوياً من حضرات زملائى الأفاضل ورغبة أكيدة من حضرات الطلبة على الاطلاع عليها للاستفادة منها فلم أدر جهداً فى تنفيذ طلبهم معتمداً على الله تعالى ووثاقاً من معونة اخوانى الأفاضل

والرسالة تقع فى جزأين أولها وهو الذى تم طبعه بحث تمهيدى عن الأعمال الفلكية لا يسأله القارئ ولا يعلو كثيراً على ادراك الطالب المبتدئ الحديث وجعلت وجعاً فى الارصاد اثنتين النجمة القطبية ليلاً (لسهولة الاستدلال عليها) والشمس نهاراً وقت مرورها بخط الزوال

وجعلت الجزء الثانى (الذى أرجو أن يتم طبعه قريباً) تكملة للجزء الأول وهو يشمل الأعمال الدقيقة المثلثات الكروية باختصار تام والأرصاد الفلكية ليلاً ونهاراً فى أى وقت وعلى أية نجمة كانت كما يشمل كثيراً من الطرق المتبعة فى قلم الحساب بمصلحة المساحة

وتحقيقاً لهذه الغاية قضيت وقتاً ليس بالقصير بقلم الحساب بالمصلحة حتى أستطيع الالام بعمله وغاية ما أرجو أن لا يكون هذا العلم وقتاً على فئة خاصة بل يكون بين متناول يد الجميع والله أسأل أن يعينى على القيام بواجبى نحو اخوانى وأمتى انه صبيح محيب

عبد الحميد احمد عثمان

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الشمس آية لتمييز الجهات الأصلية أثناء النهار والنجم القطبي نظيرها لتمييز هذه الجهات أثناء الليل وسنأتى بكلمة حول هذا النجم لما له من الأهمية العظمى اذ يحتاج اليه المهندس في أعماله والبطار في أسفاره نظراً لموقعه من القطب الشمالى واعتباره كوكباً ثابتاً تقريباً جهة الشمال الحقيقى وللوصول الى شرح هذا النجم شرحاً وافياً وما له من المزايا والفوائد فى الأعمال الهندسية المساحية سنذكر إجمالاً بعض الشيء عن حركة الكرة السماوية ودوران الأرض وخطوط الطول والعرض واختلاف الأزمنة والساعات ولو أن الجميع يدرك ذلك ادراكاً تاماً

الكرة الارضية

اتفق العلماء على أن الكرة الأرضية منغزلة فى الفراغ وأن هناك كرة سماوية وهمية تحيط بها من جميع جهاتها وستتكم عن الكرة السماوية وما بها من الأجرام

الكرة السماوية

ان الناظر إلى السماء فى أواسط الليل يرى الأجرام السماوية تضىء فى الفضاء فإذا أمن النظر إليها وراقب حركتها رأى أن بعضاً منها يشرق ويغرب (أى يظهر ويختفى) بأوقات منتظمة بينما أن البعض الآخر يرى ثابتاً فى مكانه أى لا نكاد نرى له حركة محسوسة

ولهذه النجوم مجموعات خاصة محدودة أى أنها بالنسبة لبعضها لا يطرأ عليها تغير أو حدثان بمعنى أن الخرائط السماوية التى خطها لنا الأقدمون لا تختلف كثيراً عن تلك التى نخطها نحن فى زمننا الحالى

من هنا يستنتج أن النجوم ثابتة فى مواقعها من الكرة السماوية (الهم إلا بعض كواكب معدودة تسمى بالكواكب السيارة التى هى عطارد وزهرة وزحل وارانوس ونبوتون والمريخ والمشتري والأرض والقمر)

وان كنت ترى أن هذه النجوم تتحرك بحركة منتظمة من الشرق الى الغرب فامثلها إلا كمثل الشمس تحت تأثير دوران الأرض ترى كما لو كانت تدور هى من الشرق الى الغرب

ولا يرى الإنسان من الكرة السماوية إلا نصفها لأن الأرض التى تحت قدميه تحجب عن نظره رؤية النصف الآخر بمعنى أنه لو كانت الأرض كرة بلورية أو مصنوعة من الشفاف وحجبت عنا أشعة الشمس إذن لرأيت الأرض منبسطة تحت قدميك والسماء تحيط بك من كافة الجهات (فوق رأسك وتحت ما تحت قدميك) ولرايت إذ ذاك النجوم وكل منها ثابت لا يتزعزع عن موضعه

هذه حقيقة ثابتة تزرها لك نظرة الى السماء فامعان فى حركتها ولو استطاع الراصد الى السماء أن يرى محاور الأرض رأى الدين وهو ممتد فى كلتا جهتيه حتى يلتصق بالسماء لادرك ان الكرة السماوية وما بها من الاجرام تتم دورة كاملة بحركة ظاهرية من الشرق الى الغرب مرة كل أربعة وعشرين ساعة تقريباً

هذا ما يراه رأى العين أما الحقيقة التامة التى اهتدى اليها العلماء واثبتوها

العلم بعد طول الاختبار فهي أن الكرة السماوية لا تدور من الشرق الى الغرب بل أن الكرة الأرضية هي التي تسير من الغرب الى الشرق بحركة منتظمة متممة دورة كاملة حول محورها الوهمي في ظرف أربعة وعشرين ساعة تقريباً

خطوط الطول

هذا وقد قسم العلماء الكرة الأرضية الى انصاف دوائر وهمية على ابعاد متساوية من بعضها تنتهي بالقطين الشمالى والجنوبى وتسمى بخطوط الطول وهي التي تختلف باختلافها الساعات شرقاً وغرباً (خطوط الطول وان كانت دوائر تتقابل عند القطبين وليست خطوطاً متوازية) الا انه في الأعمال المساحية البسيطة ك رسم المناطق الغير المتسعة تعتبر كما لو كانت خطوطاً مستقيمة موازية لبعضها من الشمال الى الجنوب ذلك لأن الفرق الناشئ من هذا الاعتبار في مناطق ضيقة ضئيل للغاية وغير محسوس أما في الأعمال المساحية الدقيقة ك رسم الممالك والقارات فانها تعتبر كحقيقتها أى انها دوائر تتقابل عند القطبين الشمالى والجنوبى

خطوط العرض

وهناك دوائر وهمية موازية لخط الاستواء وعلى ابعاد متساوية من بعضها ابتدئ من خط الاستواء شمالاً الى القطب الشمالى وينقسم بها نصف الكرة الشمالى الى تسعين قمماً كل قسم يسمى درجة عرضية كذلك الحال في نصف الكرة الجنوبى . وهذه الخطوط يختلف باختلافها طقس المكان من حيث الحرارة والبرودة بقرىها أو بدها من خط الاستواء

وذلك بوجه التقريب لأن هناك اعتبارات أخرى تؤثر في طقس المكان
كالجبال والصحروات والأنهار والبحار وغيرها
وكما أن للكرة الأرضية محوراً وخط استواء وخطوط طول وعرض
فللكرة السماوية مثلها

وهناك بعض اصطلاحات جغرافية يجب علينا قبل التعمق في
البحث شرحها

محور الكرة الأرضية هو الخط الوهمي الذي تدور الأرض حوله من
الغرب الى الشرق مرة كل أربعة وعشرين ساعة ونقطتا امتداده بالكرة
السماوية يسميان بقطبي الكرة السماوية الشمالي والجنوبي

أما خط الزوال أو الشمال فهو الخط الواصل من موقع الراصد الى
القطب الشمالي (لنصف الكرة الشمالي) وما هو في الحقيقة الا خط طول
مكان الراصد

دائرة خط الاستواء هي سطح مستو يمر بمركز الأرض عمودياً على
محور الكرة الأرضية وينصفها الى نصفين متساويين نصف الكرة الشمالي
ونصفها الجنوبي

خط عرض أى مكان هو مقدار ارتفاع هذا المكان وانخفاضه عن
خط الاستواء مقدراً بالدرج والدقائق والثواني وسنأتى فيما بعد على طريقة
تعيين خط عرض أى مكان تعييناً دقيقاً

خط طول مكان ما هو مقدار القوس الدرجى ما بين خط زوال هذا
المكان وخط زوال مكان آخر يعتبر قاعدة أساسية لخطوط الطول فثلاً

خط الزوال المار بجرينوتش وهى ضاحية من ضواحي لندن يعتبر خط زوال أو شمال أساسياً لجهات كثيرة

وتعين خطوط الطول عادة ابتداء من هذا الخط الأساسى الى الجهتين الشرقية والغربية منه فمثلاً القاهرة واقعة على خط طول ٣١° تقريباً شرق جرينوتش أى أن الزاوية التى رأسها القطب الشمالى ومحسورة بين خط زوال جرينوتش ومصر هى ٣١° على سطح الكرة الأرضية

• أما امتداد الخط الواصل ما بين موقع أى نقطة ومركز الكرة الأرضية حتى تتقابل بالماء فانه يسمى سمت الرأس وسمت القدم هو الخط المناظر له تحت القدم

ارتفاع أى نقطة عن موقع الراصد هى الزاوية الرأسية ما بين أفق الراصد وهذه النقطة

الوقت

قبل أن نبدأ فى الكلام عن الوقت والأزمنة يجب علينا أن نشرح بوضوح كيف أن ساعات العالم أجمع صار ضبطها بعد الرجوع الى الأرصاد الفلكية

فالكرة السماوية التى تدور بحركة منتظمة. ظاهرة هى تلك الساعة العظيمة التى تتخذ أساساً لضبط مواقيتنا وساعاتنا

أشرنا فى الفصول السابقة الى أن النجوم ترى متحركة بحركة ظاهرية منتظمة من الشرق الى الغرب مارة طبعاً بخط زوال كل نقطة على سطح الأرض بمعنى أننا لوراقبنا مرور نجمة بمركز ما (وليكن تقاطع الشمرتين

الأفقية والرأسية في التيودوليت مثلاً) في يوم ما ومرورها بنفس المركز في اليوم التالي فإن البرهة التي تمضي بين المرورين هي أربعة وعشرين ساعة نجمية تماماً

أو بمعنى آخر أننا إذا رصدنا وقت مرور نجمة بمحور النظارة ولاحظنا سير تلك النجمة داخلها فأننا نشاهد أنها تأخذ في البعد عن المحور شيئاً فشيئاً بسبب الدورة الأرضية أو الحركة اليومية وبعد زمن يسير يرى أن النجمة تبعد عن محور النظارة شيئاً فشيئاً وبالأستمرار على مراقبتها نجد أنها بعد زمن ما تظهر داخل النظارة وتمر بمحورها ثانية وتكون النجمة إذ ذاك قطعت دورة تامة أي أنها قطعت يوماً نجمياً

والأوفق لمعرفة انتظام الحركة اليومية أن يضبط سير الساعة ابتداء من تلك الحركة ثم نلاحظ تساوى الأزمنة التي تستغرقها النجمة في قطع مدارها في الأيام المتتالية وذلك بأن يرصد على الساعة وقتا مرورين متتابعين للنجمة بمحور النظارة ويؤخذ الفرق بينهما فإن وجدت المدة التي أستغرقتها النجمة بين مروريها أقل من زمن دورة عقرب الساعة أي أقل من أربعة وعشرين ساعة نجمية (٤٩٠٥٦ سنة شمسية) أو أكثر من ذلك كان هذا دليلاً على أن زمن سير الساعة أبطأ أو أسرع من سير النجمة وحينئذ يصير تقديم الساعة أو تأخيرها بقصير ساق البندول أو تطويله ويرصد مروران متتابعان آخران تحقيقاً لما عمل من الأرصاد الأولى

تقسيم الوقت

هناك وقتان أو زمانان — الزمن النجمي والزمن الشمسي والزمن النجمي طبعاً زمن منتظم لا يمتريه زيادة أو نقصان وذلك لأن النجوم ثابتة في السماء وحركتها الظاهرية منتظمة

أما الزمن الشمسي فإنه يختلف عن الزمن النجمي بأربعة دقائق تقريباً يومياً وذلك بسبب انتقال الأرض في مدارها حول الشمس وللأرض حركتان واحدة حول محورها ينشأ عنها الليل والنهار والأخرى حول الشمس يتولد منها الفصول

حركة الأرض حول محورها : تعرف هذه الحركة بالحركة اليومية وهي دوران الأرض حول محورها من الغرب الى الشرق وهكذا سميت هذه الحركة لأن الأرض تنمها في يوم

ولما كانت النجوم الثابتة بعيدة عن الأرض بـمداً عظيماً كان تغير موضع الأرض من يوم لآخر (بتأثير حركتها حول الشمس) لا يؤثر في موضعها بالنسبة لهذه النجوم ويسمى الزمن الذي تستغرقه الأرض في قطع دورة كاملة حول محورها (أى في العودة حيث كانت في اليوم السابق بالنسبة لهذه النجوم) يوماً نجمياً وقدره $24^h 56^m 40^s$ تقريباً من ساعاتنا المستعملة (أى ساعة شمسية)

واليوم الشمسي هو الزمن المحصور بين مرور الشمس مرتين متواليتين على خط زوال واحد . ولما كانت الأرض تدور حول محورها من الغرب إلى الشرق مرة كل يوم كان الزمن الذي تستغرقه الأرض في قطع دورة كاملة

حول محورها غير كاف ليعود المكان إلى مواجهة الشمس كما كان في اليوم السابق ولكي يصل المكان إلى مواجهة الشمس كالיום السابق لا بد أن تقطع الأرض جزءاً من ٣٦٠ جزء من الدائرة (وهو الجزء الذي قطعتة الأرض حول الشمس في اليوم أثناء دورتها السنوية) وذلك يساوى درجة تقريباً وتستغرق الأرض في قطع درجة نحو أربعة دقائق ومن ثم كان اليوم الشمسي أطول من اليوم النجمي ب ٤ دقائق تقريباً

وقت المرور العلوى والسفلى

عند رؤية النجوم وهي متحركة تمر طبعاً بخط الزوال لاية نقطة على سطح الكرة الأرضية مرتين في اليوم الواحد ابتداء اليوم وانتهاءه أحدهما جهة الشمال وتسمى بالمرور العلوى والأخرى جهة الجنوب وتسمى بالمرور السفلى فالיום النجمي كما سبق أوضحنا هو البرهة التي تمضي ما بين مرورين علويين لأي نجم فوق زوال واحد وبمعنى آخر أن الدورة التامة التي تتمها الأرض حول محورها هي اليوم النجمي ولا يمكن طبعاً ملاحظة تلك الدورة إلا بارتقاب النجوم ورصدها عندما تنتقل من موضع وتمر به ثانية ويحسن أن يكون التيودوليت هو الآلة المعدة لذلك

تتم الأرض دورة كاملة حول الشمس مرة كل ٣٦٦,٢٤٢٢ يوماً نجمياً ٣٦٥,٢٤٢٢ شمسياً ولهذا الدورة تأثير محسوس في علاقة الأرض والشمس والنجوم بعضها ببعض حتى أن الشمس ترى كما لو كانت حقيقة تدور دورة كاملة حول النجوم في ٣٦٦,٢٤٢٢ يوماً نجمياً

ونظر الاختلاف مقادير الأيام الشمسية فقد اصطلاح الفلكيون على أن

يكون هناك يوم شمسي (مساو لبعضه بعضاً) بمعنى أنهم اتفقوا على أن يكون هذا اليوم هو متوسط النورة اليومية للشمس في سنة كاملة وبما أن هناك في السنة ٣٦٥,٢٤٢٢ يوماً شمسياً و ٣٦٦,٢٤٢٢ يوماً نجمياً فمن هنا ينشأ أن اليوم الشمسي الحقيقي هو $\frac{366,2422}{365,2422} = 1,0077379$ يوماً نجمياً أو $56,55^{\circ} 3' 44''$ ويمثل هذا

اليوم النجمي $= \frac{365,2422}{366,2422} = 0,99726907$ يوماً شمسياً $= 56,55^{\circ} 3' 44''$ وسنذكر الآن أى الأزمنة أوفق للاستعمال

لا يمكن بواسطة اليوم النجمي تعيين الليل والنهار بسهولة لأنه يتبدى وينتهى بأحدى المرورين العلويين أو السفليين لمرورج نجم بخط زوال واحد ولا دخل له اذ ذاك بشروق الشمس وغروبها التي يتوقف عليها الليل والنهار كما ان اليوم الشمسي ليس متساوى الطول لنا لا يمكن استعمال اليوم الشمسي في الارصاد الدقيقة ولكن هناك زمناً يسمى بالزمن المتوسط العرفي وهو المستعمل في حياتنا وارصادنا ووحدة هذا الزمن هي متوسط الأيام الشمسية ولا يغرب عن ذهننا ان متوسط الأيام الشمسية لا يعتبر نتيجة حركة جسم ظاهر يمكن الرصد عليه ولكنها نقطة وهمية تتحرك بسرعة منتظمة حول السماء متممة هذه الدورة في نفس الزمن الذي تتمه الشمس فيه لذا فقد يكون متوسط اليوم الشمسي هذا امام الشمس الحقيقية أى قبل مرورها بخط الزوال كما يتصادف أن يكون خلفها وهذا الزمن (المتوسط) هو الذي نراه في ساعاتنا .

علاقة خطوط الطول بالزمن

بما أن هناك في الدائرة 360° تقطعها الشمس في ٢٤ ساعة اذن فهي تقطع في الساعة 15° درجة أرضية فلو كان الفرق مثلاً بين خطي طول نقطتين على سطح الكرة الأرضية 61° ب هو 10° وكانت 1 شرق ب فان الشمس تمر بزوال 1 قبل مرورها بزوال ب بساعة واحدة بمعنى انه لو كانت الساعة في ب اثني عشر ظهراً تماماً فانها تكون في 1 الواحدة بعد الظهر وبمعنى آخر اننا لو رمزنا الى الفرق ما بين خطين طوليين لنقطتين 61° ب $=$ ل من البرج وكانت 1 شرق ب فان الوقت بنقطة $1 = \frac{ل}{15} +$ الوقت في ب مثلاً اذا كان ل $= 30^\circ$ وكان الوقت في ب $= 30^\circ$ فان الوقت في $1 = 30^\circ + \frac{30}{15} = 30^\circ + 2 = 32^\circ$

ولكى يتسنى حل مثل هذه العمليات في سهولة ويسر وجب علينا أن نحول مقدار الأطوال الدرجي الى وقت أى ساعات ودقائق فيقال مثلاً خط طول 3° عوضاً عن 30° وخط طول 33° عوضاً عن 40° وهكذا اذا ما توضح خط الطول بهذه الكيفية فان الفرق ما بين مقدار الزمنين في المكانين وهو $17^\circ 14'$ وخط طول ب $40^\circ 37'$ فان الفرق وهو $33^\circ 20'$ يجب أن يضاف الى الوقت في ب لايجاد الوقت في 1 وهالك قاعدة لتحويل الزمن الى درجات قوسية وبالعكس

اذا لزم الحال الى تحويل درج قوسية الى زمن أو بالعكس فليس هناك داع الى تحويل الدقائق والثواني قوسية كانت أو زمنية الى الكسور

الاعتيادية أو الاعشارية من الدرج أو الساعات لأنه بما أن الساعة = ١٥°
ينشأ من هذا أن الدقيقة من الزمن تساوى $\frac{١٥}{٦٠} \times ٦٠ = ١٥$ والثانية من
الزمن تساوى ١٥ قوسية أى إن الساعة والدقيقة والثانية من الزمن تساوى
١٥ ضعفاً نظيرها من الأقواس

فاعدة ١ لتحويل الزمن الى درج أولاً - اضرب الثوانى الزمنية $١٥ \times$
ثم اقسم الناتج على ٦٠ فالعدد الصحيح من الخارج = دقائق قوسية
والباقي = ثوانى قوسية ثانياً - اضرب الدقائق الزمنية $١٥ \times$ ثم أضف الى
الناتج الدقائق التى حصلت عليها من العملية الأولى واطم الناتج على ٦٠
فالعدد الصحيح من الخارج = الدرج والباقي = دقائق قوسية - ثالثاً
اضرب الساعات الزمنية $١٥ \times$ وأضف الى الناتج الدرج الذى حصلت عليه
من العملية الثانية ينتج الدرج مثال ذلك لتحويل ٤٧° ٣٤' الى أقواس

$$\text{أولاً } ٣٤' = ١٥ \times ٥١٠ = ٦٠ \div ٣٠ = ٨$$

$$\text{ثانياً } ٤٧^\circ = ١٥ \times ٦٠٥ = ٨ + ٦١٣ = ٦٠ \div ٥٣ = ١١$$

$$\text{ثالثاً } ٥٦' = ١١ + ٤٥ = ١٥ \times ٥٦ = ٥٦$$

$$٥٦^\circ ٥٣' ٣٠'' =$$

مثال ٢ : لتحويل الدرج القوسى الى نظيره من الزمن أى الى ساعات
ودقائق وثوانى

أولاً اقسم عدد الدرج على ١٥ فالعدد الصحيح من الخارج = ساعات
ثانياً اضرب الباقي $\times ٦٠$ وأضف الى الناتج ما لديك من الدقائق
القوسية ثم اقسم الناتج على ١٥ فالعدد الصحيح من الخارج = دقائق زمنية
ثالثاً اضرب الباقي $\times ٦٠$ وأضف الى الناتج العدد الموجود من الثوانى

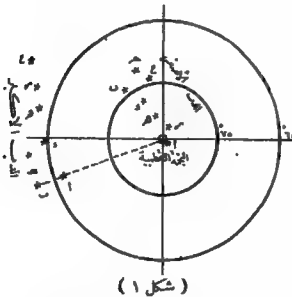
القوسية ثم اقسام المجموع على ١٥ والناتج محوّلًا (اذا اقتضت الحالة) الى جزء أو أكثر من الكسور الاعشارية تكون ثوانى زمنية مثال ذلك لتحويل ١٧ ٢٨ ٢١ الى ساعات

$$\begin{array}{r}
 \text{س} \\
 (١) \quad ٢١ \div (١٥) \\
 \hline
 ١٥ \\
 \times ٦ \\
 \hline
 ٢٦٠ \\
 \hline
 \text{أضف} \quad ٢٨ \quad \text{دقيقة} \\
 (١٥) \quad ٣٨٨ \quad (٢٥) \\
 \hline
 ٣٧٥ \\
 \hline
 ١٣ \\
 \times ٦٠ \\
 \hline
 ٧٨٠ \\
 \hline
 \text{أضف} \quad ١٧ \\
 (١٥) \quad ٧٩٧ \quad ٥٣, ١٣ \\
 \hline
 \text{فالنّتيجة} = ٥٣, ١٣ ٢٥ \text{ س}
 \end{array}$$

النجم القطبي

وصفه فلكياً: للوصول إلى تعيين موقع النجم القطبي من السماء يجب علينا شرح أوضاع الدين الأكبر والأصغر
 إن الناظر إلى السماء بعد الغروب بثلاث ساعات مثلاً في شهر ابريل وذكر الشهر لأن أوضاعهما تختلف باختلاف الأشهر) يرى جهة الشمال على إرتفاع ٦٠° تقريباً (هنا في القاهرة) من الأفق صورة الدب الأكبر واضحة جلياً وهي تتركب من سبعة نجوم أربعة منها ١ ٦ ٦ ٦ و ٦ تكون

شبه منحرف بجواره نحو المشرق ثلاثة نجوم ϵ δ γ في شكل قوس متجه تحديه نحو الأفق وترى هذه النجوم واضحة بين الصور السماوية التي بالشمال لأن نجومها من القدر الثاني (أى شديدة الضوء) ما عدا النجمة δ من شبه المنحرف الملاصقة للذنب فانها من القدر الثالث (أى أضعف ضوءاً من أخواتها) وتبقى هذه الصورة ظاهرة فوق أفق المحرسة غالب أيام السنة إنما تختلف أوضاعها بالنسبة إلى الأفق تبعاً للساعات والفصول وسنتكلم عن ذلك في حينه وإذا امتد المستقيم الواصل بين النجمتين γ δ من الذب الأكبر جهة α وأخذ على هذا الأمتداد مسافة تساوى ما بين النجمتين المذكورتين بخمس مرات قابل نجمة من القدر الثاني لونها مائل إلى الاصفرار قليلاً إرتفاعها عن أفق المحرسة ثلاثين درجة تقريباً (وهذا ثابت لا يتغير) وهذه النجمة تظهر ثابتة في السماء لأنها توجد على بعد 18° تقريباً من القطب الشمالى وتسمى بالنجمة القطبية أو الجدى وهى نهاية ذنب الذب الأصغر وأزهى نجومه والذب الأصغر موضح بشكل (١)



(شكل ١)

بسبعة نجوم - ϵ δ γ β α ζ
 ϵ δ γ شبيهة بالذب الأكبر
 غير أن أبعادها صغيرة عن أبعاده
 ووضعها عكس وضعه. وترى
 النجمة القطبية كما لو كانت
 منزلقة في الفضاء وذلك بسبب
 ضعف ضوء النجوم المكونة

لقوس الذنب ϵ δ γ والنجمتين اللتين بجواره من شبه المنحرف ϵ δ لأنها

من القدر الرابع وأما النجمتان البعیدتان عن الذنب وهما ب ٤ اللتان هما
من القدر الثالث فهما أضواء بكثير عما جاورهما ونجمة ب تسمى كوكباً ونجمة
ح تسمى فرقداً وقد يسميان فرقدين

سير الدين : — لوراقب الراصد الدين نحو الستة ساعات ظهرت له
تلك الحركة الظاهرية التي تتبعها في سيرها على عمر الأيام

تدور الستة نجوم د ه م ر ب ح ع من الدب الأصفر حول النجم القطبي
مرة كل يوم نجمي أى كل ١٠٩٤٠٦٣٣ بحركة رجوية مضادة لسير عقربى
الساعة فمثلاً إذا رأيت الستة نجوم في الساعة السابعة مساء شرق النجمة
القطبية فانك تراها نحو الشمال منه في الساعة الواحدة (صباحاً) أى بعد
نصف الليل أى أنها قطعت ربع الدائرة في ستة ساعات وبعد إثني عشر
ساعة تراها جهة الغرب منه ثم تأخذ مركزها في اليوم التالى من الوقت
نفسه — إلا أنه نظراً لأنها تتم هذه الدورة في أقل من أربعة وعشرين
ساعة شمسية فإنه يأتى عليها وقت ترى فيه في الساعة السابعة مساء جهة
الغرب من النجم القطبي عوضاً عن الشرق ولا يكون ذلك طبعاً إلا بعد
مرور ستة أشهر لأنها تختلف في اليوم الواحد ب ١٠٩٥٠٣٠ (أى أربعة
دقائق تقريباً) عن موضعها من اليوم الأول (وهذا هو فرق اليوم النجمي
من اليوم الشمسي) ففي الشهر تختلف بمائة وعشرين دقيقة أى بمقدار
ساعتين أو $\frac{12}{10} \times 10 = 30$ وفي الستة أشهر تختلف ب $30 \times 6 = 180$
أى في اتجاه مضاد لاتجاهها الأسبق

أما الدب الاكبر فانه يتم دورة كاملة حول الدب الأصغر (أو بمعنى

آخر حول النجم القطبي) مرة كل يوم نجوى أى كل ٥٦٤,٩ ٣٣ شمسية وهو حافظ لأوضاعه بالنسبة لمجموعته فيتنا تراه في الساعة الخامسة مساء مثلاً نحو المشرق من الدب الأصفر إذا به في الخامسة صباحاً جهة المغرب منه حتى إذا كان جهة الجنوب من الدب الأصفر أختفت منه كل نجومه تقريباً لأنها تقع إذ ذاك تحت الأفق

النجوم الابدية الظهور

أن محاور العالم كما يشاهد في بلادنا مائل على أفق الراصد بمعنى أنه عند دوران الأرض حول محورها من الغرب الى الشرق يدور معها طباعاً أفق الراصد ويقطع الكرة السماوية فا كان من النجوم فوق هذا الأفق يرى رأى العين وما كان منها منخفضاً عنه لا يرى كلية

وأثناء هذا الدوران يقرب الأفق من بعض النجوم شيئاً فشيئاً وترى هي كما لو كانت تنخفض نحو وبالعكس يبتعد هذا الأفق عن بعض النجوم وترى كما لو كانت هي ترتفع عن الأفق . من هنا ينشأ أن هناك نجوماً دائمة الظهور (وهي التي تقع في اقتراب لا يزيد عن الانفراج ما بين أفق الراصد والقطب وهو يساوي طباعاً خط عرض مكان الراصد وسنشرح ذلك في حينه)

كما أن هناك نجوماً دائمة الاختفاء وهي التي تقع في اقتراب لا يزيد عن خط عرض مكان الراصد انما في نصف الكرة الآخر فثلاً اذا كان الراصد في نصف الكرة الشمالى على خط عرض ٣٠° فان النجوم المحصورة ما بين القطب الشمالى و ٣٠° منه تسمى دائمة الظهور (ومنها الدب الأصفر.

جميعه) وما كان منها على هذا البعد أيضاً من القطب الجنوبي تسمى دائمة الاختفاء أما النجوم التي يزيد بعضها عن هذا القدر فانها تشرق وتغرب في أوقات معلومة

وإذا كان الراصد في أحد قطبي الأرض فإن خط أفقه طبعاً يكون عمودياً على أحد القطبين (الشمالى أو الجنوبي بحسب موقعه) ولا يرى في هذه الحالة إلا ما كان فوق أفقه وتبقى تلك النجوم على الدوام لیس لها شروق أو غروب

أما إذا كان الراصد في خط الاستواء ففي هذه الحالة يكون أفقه ماساً بأحد القطبين الشمالى مرة والجنوبى مرة أخرى أى أن محور العالم يكون في مستوى الأفق ماراً بنقطتي الشمال والجنوب وفي هذه الحالة يقسم هذا الأفق الكرة السماوية الى قسمين متساويين وحينئذ يرى الراصد جميع الكواكب في نصف الكرة على التتابع تشرق وتغرب وتكون مدة ظهورها تساوى مدة اختفائها وكل منها يساوى نصف الدورة اليومية أى اثني عشر ساعة

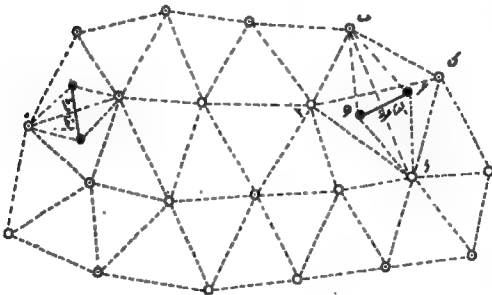
قواعد نقط المثلثات

الخرائط المساحية للعالم أجمع تتجه جهة الشمال الحقيقي وما أظن أن هناك طريقة أدق لتعيين هذا الشمال من الرصد على النجوم كما أنه يحسن أن يكون النجم القطبي هو المقصود بالذات (وذلك نظراً لموقعه من القطب الشمالى وسهولة الاستدلال عليه بين النجوم) وقد اتخذته مصلحة المساحة قاعدة لها لتعيين الشمال الحقيقي لأنها عند عمل مساحة القطر المصرى بدأت بوضع نقط مثلثات من الدرجتين الأولى والثانية في مواضع ثابتة

تختلف أوضاعها بين الخمسين والعشرة كيلومترات (وهنا أحيل القارئ الكريم الى الرسالة القيمة التي رفعها حضرة صاحب السعادة الوكيل العام للمساحة الى المؤتمر الدولي بمدير عام ١٩٢٤ فيها شرح واف عن أعمال مثلثات الدرجة الأولى وإليك وصف عام

يبدأ بوضع نقط المثلثات لمديرية ما كما أن وضع هذه النقط من الأهمية بدرجة تحتاج لعناية عظيمة إذ يجب مراعاة الموانع الطبيعية التي تعترض الاضلاع كما ويجب ملاحظة أن تكون زوايا المثلث متناسبة بدرجة يتم معها حسابها حساباً دقيقاً

تشكل هذه المثلثات وتسمى بالشبكة المثلثية لأن كافة أضلاعها متصلة ببعضها اتصالاً يكون مثلثات مرتبطة متناسبة كما في شكل (٢)



(شكل ٢)

ثم تقرأ كافة الزوايا قراءة دقيقة مرات عديدة حتى يكون مجموع زوايا المثلث $180.00.00 \times$ فرق المثلث الكروى

بمعنى أنه يجب أن يلاحظ أن هذه المثلثات هي مثلثات كروية أى أن

الرسالة الطبوغرافية ج ١ (٤)

مجموع زوايا المثلث تزيد عن ١٨٠ وهذه الزيادة تساوى من الثانى بمقدار مساحة المثلث مقسوماً على ١٩٧ كيلومتراً فثلاً لو كانت مساحة المثلث = ١٩٧٠ كيلومتراً فان مجموع زوايا هذا المثلث = $١٨٠ + (\frac{١٩٧٠}{١٩٧})$
 $١٨٠ + ١٠ =$

أما مساحة المثلث فيمكن استخراجها بالطريقة الآتية
 مساحة المثلث = مربع القاعدة \times حاصل ضرب جيبى الزاويتين
 المجاورتين مقسوماً على ضعف جيب الزاوية المقابلة

$$\frac{٢٠ \times ١٠ \times ١٠}{٢٠}$$

وبما أن أضلاع المثلث امكن حلها من القاعدة التى قيست كما أن زوايا المثلث رصدت اذن فمساحة المثلث يمكن استخراجها
 فثلاً لو فرضنا أنها اتخبت فى الطبيعة الثلاثة نقط ١ ٢ ٣ تكون
 مثلاً يمكن قراءة زواياه بوضع التيودليت فوق النقط ١ ٢ ٣ بالتتابع
 وتقرأ زواياها ويجب أن يكون مجموع هذه الزوايا الثلاث ١٨٠.٠٠.٠٠
 فرق المثلث الكروى

إلا أن معرفة الزوايا لا تدل إلا على أن الرصد كان دقيقاً كما أنها فى الوقت نفسه لا تعين مساحة هذا المثلث ولا يمكن حل أضلاعه كما لا يمكن عمل حسابه أو تعيين هذه النقط على خريطة ما بأى مقياس مطلوب
 وللوصول إلى ذلك يجب مقياس أحد الأضلاع إلا أن ذلك يتعذر جداً
 لأنه نحو الأربعين ميلاً يعرف فوق أودية وجبال ومساكن وأشجار لذا تعمل
 عملية القاعدة التى بعد مقاسها مقاساً دقيقاً يمكن بواسطة الحساب حل
 المثلث حلاً دقيقاً وتعين إذ ذاك قيمة أضلاعه ومساحته

بعد قراءة زوايا المثلثين المشتبكين تنتخب قاعدة داخل أحد المثلثين يشترط فيها أن يكون طولها بين الثلاثة والعشرة كيلومترات تقريباً فوق أرض مسطحة ويجب أن تكون تقطعا القاعدة في مكان يسمح لها برؤية النقطتين ب و كما ويجب أن تكون الزوايا متناسبة أى لا تقل عن الأربعين درجة ولا تزيد عن المائة وثلاثين درجة

عند ذلك تحتل نقطة ح وتقرأ زاويتاها ه ح و ه و ب وتحتل نقطة ه وتقرأ زاويتاها ب ح و ه ح ثم تحتل باقى النقطا ب و ب و ب وتقرأ زواياها المؤشر عليها أنظر شكل (٢)

ثم تقاس القاعدة ح ه مقاساً دقيقاً جداً تراعى فيه ميزانية الأرض من حيث إرتفاعها وانخفاضها عن سطح البحر وقوة الشد في الشريط الدقيق وحالة الجو من حيث الحرارة لا مكان إيجاد البعد العمودى على محور الأرض تماماً أى الموازى لخط الأفق وسنتكلم عن طريقة مقاس القاعدة بكل إيضاح ومتى علم في مثلث ما طول ضلع والثلاثة زوايا أمكن معرفة طول الضلعين الآخرين لأن جيوب الزوايا تناسب مع الاضلاع المقابلة لها وبمدها يمكن حل كافة المثلثات لأنها تتركب على بعضها ثم تقاس قاعدة أخرى فإذا طابق الحساب المقاس كان العمل دقيقاً

إلا أنه وإن كان أمكن رسم هذه المثلثات على خريطة ما بأى مقاس مطلوب (وذلك بواسطة آلة الاحداثيات بقلم الحساب) إلا أنه لم يتعين انحراف أحد الاضلاع عن الشمال أو ما يسمى Azimuth ولتعيين ذلك ولتعيين خطوط الطول والعرض لمثل هذه النقط تتبع الارصاد الفلكية التى سنأتى على شرحها فيما بعد

مقاس القواعد

أن الدقة التي تراعى في مقاس القاعدة ترجع إلى أن أقل فرق صئيل في مقاسها يسبب أغلاطاً كبيرة في المثلثات التي تكونت على هذه القاعدة ويحسن أن تكون القاعدة في منتصف المنطقة (بقدر الامكان) المراد عمل شبكة مثلثية بها بمعنى أن المسافات التي تمتد من هذه القاعدة شمالاً أو جنوباً شرقاً أو غرباً تكون متساوية ويجب أن يكون موقع القاعدة في مكان مسطح بقدر الامكان لسهولة ودقة المقاس

كما ويجب أن تكون قيمة زوايا المثلث موضع العناية التامة بمعنى أنه لا يصح أن تقل إحدى الزوايا عن الأربعين درجة ولا تزيد عن المائة وعشرين درجة ويا حبذا لو كانت كلها ما بين الستين والتسعين درجة

وتختلف أطوال القاعدة بحسب طبيعة الأرض إلا أنه بوجه عام يحسن أن لا يقل طول القاعدة عن جزء من مائة من المسافة ما بين القاعدة وأبعد نقطة عنها من ذات المنطقة بمعنى أنه لو كانت آخر نقطة بالمنطقة تبعد عن القاعدة مائة كيلو متر فلا يصح أن يقل طول القاعدة عن كيلو متر ويحسن أن يكون كيلومترين مثلاً وتتراوح القواعد عادة ما بين الستة والعشرة كيلو مترات ويستعمل في مقاس القواعد شريط دقيق جداً طوله ٢٤ متراً وسبق معياره على شريط دقيق بباريس

ويلاحظ أن دقة مقاس القاعدة ترجع إلى ضبط الشريط المستعمل في عملية المقاس ويجب قبل البدء في المقاس اختبار طول الشريط بمقارنته بمقياس دقيق لهذه الغاية ويجب أيضاً ملاحظة حرارة الجو وقوة الشد عند عملية المقارنة وتدون هذه الملاحظات باعتبارها ذات أهمية خاصة

ولكن بما أن الجور وقوة الشد هي مؤثرات قابلة للتغير فيجب ملاحظتها عند عملية المقاس كما أنه لو كانت طبيعة الأرض ليست بارتفاع واحد وكان هناك بقعة منخفضة فيجب عمل التصحيح اللازم لما يتسبب من تقوس الشريط عند مقاس هذه البقعة — ولو أن القاعدة قيس في أرض منحدرة فيجب قراءة زاوية الانخفاض أو معرفة ارتفاع إحدى النقطتين عن الأخرى لتحويل المقاس إلى مقاس أفقي

ولو أننا عندما قارنا (إختبرنا) الشريط بالقياس وهو بقوة شد وحرارة معلومتين وظهر لنا بالشريط فرق في طوله فإن هذا الفرق يجب تدوينه وتراعى التصحيحات على هذا الاعتبار مثلاً عند مقارنة شريط طوله ١٠٠ متر في حرارة جو قدرها ٦٠° (فهرنهايت) وقوة الشد ١٥ رطلاً (على مقياس) ووجد أن الشريط طوله ١٠٠,٠٢ متر أعني ٠,٢ مترًا + معنى ذلك أي مقاس يقاس بهذا الشريط يكون أقصر من طوله الحقيقي باعتبار أن هناك فرقاً قدره ٠,٢ مترًا لكل ١٠٠ متر قيس أو بمعنى آخر به خطأ قدره ١ في ال ٥٠٠٠ عندما يقاس في نفس الحرارة وقوة الشد

فلو أن خطأ كان مقداره عند ما قيس في حرارة ٦٠° وبقوة شد ١٥ رطلاً هو ٣٠,٢٨ قدمًا فإن الفرق هو $\frac{30.28}{5000} = 0,006056$ قدمًا والطول الحقيقي للنخط هو $30.28 + 0,006056 = 30,286056$ قدمًا

من هنا يلاحظ أنه لو كان الشريط أقصر من الطول الحقيقي له فإن قراءة خط به تكون أطول من الحقيقة والفرق يجب أن يستنزل

الفرق الناشئ من حرارة الجو

يتمدد الصلب وينكمش تبعاً لاختلاف الجو فتزاه يتمدد في الحرارة وينكمش في الرطوبة وانه من الأمور الجوهرية عند عمل مقاس دقيق معرفة حرارة الجو وقت العمل ومراعاة التصحيح لهذا الاعتبار ولا يمكن تقدير كمية تمدد الصلب وإنكماشه تبعاً للحرارة والبرودة ولكن بعد تجارب عديدة أمكن الاهتداء إلى متوسط الامتداد للدرجة حرارة واحدة وهو 0.000065 ، أو بمعنى آخر أن زيادة درجة واحدة في حرارة الجو تسبب زياده (تمدد) في الشريط قدرها 0.000065 ، وبالعكس فإن نقص درجة حرارة واحدة تسبب انكماشاً قدره 0.000065 ،

ويلاحظ أن هذا المقدار يمكن الركون إليه في الأعمال العادية اما في المقاسات التي تحتاج إلى عناية خاصة فانه من الضروري معرفة كمية التمدد للشريط عند عملية الاختبار وذلك باتباع الطريقة الآتية

تقاس المسافة بين نقطتين ثابتتين ويحسن أن يكونا علامتين نحاس مثبتتين تماماً وبعين عليهما إبتداء الخط وانهائه وتدون إذذاك حرارة الجو ثم تقاس المسافة في وقت آخر ويحسن أن تكون درجة الحرارة في اليومين مختلفة بضع درجات فالفرق بين المقاسين مقسوماً على طول الخط (ويلاحظ أن تكون وحدة الأثنين واحدة بمعنى انه لو كان الخط بالقدم فيجب أن يكون الفرق بالقدم) هو الفرق الناشئ من اختلاف مقدار درجة الحرارة. ولوقسمنا مثلاً هذه الكمية على الفرق بين درجات الحرارة في المرتين لنشأ عندنا الفرق في التمدد للدرجة واحدة أو بمعنى آخر كمية التمدد للشريط مثلاً

لوقيس خط طوله ٣٠٠ قدم بشرط واحد وبقوة شد واحدة مرتين متواليتين وكان المقاسان يختلفان عن بعضهما $\frac{1}{4}$ بوصة والفرق بين درجتى الحرارة فى المرتين هو ١٠° فان كمية التمدد فى الشريط للدرجة واحدة هى

$$\frac{1}{4} = \frac{1}{10 \times 11 \times 300} = 0.0000964 \text{، قدماً لكل قدم}$$

التصحيح

ان حساب التصحيح الواجب مراعاته عند اختلاف الحرارة موضع بالنظرية السابقة وبما أن مقدار التمدد لاختلاف الحرارة هو عبارة عن التمدد أو الإنكماش الذى يعترى الشريط تبعاً لزيادة درجة الحرارة وتقصانها فلو كان الشريط فى درجة حرارة معينة يتفق تماماً مع طوله الحقيقى فإن التصحيح الناشئ عن اختلاف درجة الحرارة لوحدة القياس يساوى حاصل ضرب قيمة التمدد للدرجة واحدة (وهو ما أمكن معرفته من النظرية السابقة) \times وحدات درجات الحرارة التى تزيد أو تنقص عن درجة الحرارة التى يتفق فيها الشريط مع مقاسه الحقيقى من هنا ينشأ أن التصحيح الواجب عمله عند مقاس خط ما هو عبارة عن حاصل ضرب طول خط ما \times معامل التمدد \times عدد الدرجات التى تزيد أو تنقص عن درجة الحرارة الثانية

$$\text{أى أن : } \frac{C}{H} = P \text{ و}$$

$$\frac{C}{H} \text{ هى خطأ الحرارة (فرقها)}$$

$$P \text{ هى طول الخط الموضح فى الشريط}$$

$$M \text{ هى معامل التمدد}$$

$$D \text{ هى درجات الحرارة التى تزيد أو تنقص عن الحرارة الثابتة}$$

مثلاً لو فرضنا أن شريط في درجة حرارة قدرها ٦٢° فهرنهايت يتفق مع طوله الحقيقي فما هو الفرق في خط طوله ٣٠٠ قدم عند ما يقاس بنفس الشريط في حرارة قدرها ٦٨° فهرنهايت باعتبار أن معامل التمدد لدرجة واحدة هو ٠.٠٠٠٠٠٦٥ ،

الحل

الزيادة في الحرارة هي $٦٨ - ٦٢ = ٦^\circ$

إذن بتطبيق النظرية السابقة ينشأ

$$\frac{٣}{٦} = \frac{ط}{٠.٠٠٠٠٠٦٥}$$

$$\frac{٣}{٦} = \frac{ط}{٠.٠٠٠٠٠٦٥ \times ٣٠٠} = ١١٧, \text{ قلماً}$$

إضافة أو طرح الفرق في التمدد

لا مكان تمييز ما إذا كان فرق التمدد يجب إضافته أو طرحه من طول الخط يجب ملاحظة ما إذا كان الشريط أصبح من الحرارة أطول أو أقصر من طوله الحقيقي عند ما قيس هذا الخط فلو كان الشريط أقصر من طوله الحقيقي فعناه أن الشريط انكمش لأن الحرارة وقت المقياس كانت أقل منها عندما (اختبر الشريط) وكان يتفق مع مقاسه الحقيقي في درجة حرارة معينة ويكون المقياس المدون بالشريط إذ ذاك أطول من طوله الحقيقي والفرق يجب أن يطرح

ولو كان الأمر على عكس ذلك أي أن الشريط تمدد فإن المقياس طبعاً يكون أقل من طوله الحقيقي (لأن كل ٢٠ متر + التمدد مثلاً يكتب ٢٠ متر)

والفرق يجب أن يضاف أو بمعنى آخر يطرح الفرق في حالة الانكماش ويضاف في حالة التمدد في المثال السابق يلاحظ أن درجة الحرارة أرتفعت عند ما قيس الخط فأصبح الشريط أطول من مقاسه الأول وبذا يكون مقاس الخط أقصر من الطول الحقيقي وعلى ذلك فإن الفرق يجب أن يضاف وطول الخط الحقيقي الذي كان ٣٠٠ قدماً هو $١١٧ + ٣٠٠ = ٤١٧$ ، ٣٠٠ قدماً.

« الخطأ الناشئ من تغيير قوة الشد »

عند مقاس قواعد نقط المثلثات بشريط ما يجب أن يشد الشريط بقيمة معينة وهذا الشد يتراوح عادة ما بين العشرة والعشرين رطلاً إنجليزيًا ولإمكان معرفة ذلك يعلق ميزان بزنبك في إحدى مقبضى الشريط ويشد الشريط بالقوة المرغوبة التي يمكن تعيينها على الميزان وبما أن هذا الشد يؤثر طبعاً في طول الشريط بمعنى أنه يحمله يتمدد فإن حساب هذا الشد يجب أن يدون لضافته الى طول الخط الذي عرف من المقاس لإمكان معرفة طول الخط الحقيقي.

« عملية حساب الفرق الناشئ من قوة الشد »

يمكن عمل حساب الزيادة في الشريط الناشئة من قوة الشد بدون أقل صعوبة وذلك بالنظرية الآتية .

أى قضيب من الصلب طوله بوصة وعرضه بوصة أى أن مساحة إحدى أسطحة بوصة مربعة يتمدد بمقدار $\frac{1}{1000000}$ من طوله عندما يكون تحت تأثير قوة شد قدرها عشرون رطلاً ويلاحظ أن الكمية ٣٠,٠٠٠,٠٠٠ يقال لها المرونة في الصلب وبما أننا لو استعملنا قوة شد واحدة

فان قيمة التمدد تزداد كلما قلت مساحة القضيب وبالعكس تقل قيمة التمدد كلما زادت هذه المساحة (ذلك لأنه كلما زادت مساحة القضيب كلما زادت معها المقاومة ضد الشد وبذا يقل التمدد) فن ذلك يمكن استنباط الآتى :

$$\text{ش} = \frac{\text{ط} \times \text{ش}}{\text{م} \times \text{و}}$$

$$\text{ش} = \text{فرق الشد للقدم الواحد}$$

$$\text{ط} = \text{طول الشريط بالقدم}$$

$$\text{ش} = \text{قوة الشد فى الشريط بالارطال}$$

$$\text{م} = \text{مساحة قطاع الشريط}$$

$$\text{و} = \text{قيمة مرونة الصلب}$$

مثلاً شريط طوله ٣٠٠ قدم قيس به مسافة طولها ٣٠٠ قدم وكان الشريط تحت تأثير قوة شد قدرها ١٥ رطلا فلو كانت مساحة قطاع الشريط هي ٠,٠٠٢٥ بوصة مربعة فها هو طول الخط الحقيقى — بالرجوع الى المعادلة السابقة

$$\text{ش} = \frac{١٥ \times ٣٠٠}{٣٠,٠٠٠,٠٠٠ \times ٠,٠٠٢٥} = ٠,٦ \text{ قدم}$$

وبما أن الشريط يتمدد ٠,٦ ر قدما إذن فطول الخط الحقيقى

$$= ٣٠٠ + ٠,٦ = ٣٠٠,٦ \text{ قدما}$$

وبلاحظ ان عملية الحساب فى المثال السابق أجري باعتراف ان طول الشريط ٣٠٠ قدما عند ما لا يكون تحت تأثير أى شد كان ولكن لو كان الشريط = ٣٠٠ قدما وهو تحت تأثير قوة شد ما فن الضرورى طرح قوة الشد هذه من قوة الشد عند ما أجريت عملية المقاس الميئة مثلاً لو كان طول الشريط هو ٣٠٠ قدم عند ما كان تحت تأثير قوة شد قدرها

٥ رطل فإن قيمة الشد الواجب مراعاتها عند عملية الحساب هي ١٥ - ٥ = ١٠
أرطال أى ان قوة الشد عند عملية المقاس ارتفعت ١٠ أرطال عن وقت
اختبار الشريط

« عملية حساب مساحة قطاع »

بما انه قد يكون من الصعب مقاس سمك صلب الشريط لإمكان معرفة
المساحة الحقيقية للشريط فهناك طريقة أدق وهي معرفة عدد البوصات
المكعبة فى الشريط وقسمتها على طول الشريط مقدراً بالبوصة فخرج
القسمه هو مساحة قطاع الشريط ولعمل ذلك يتبع الآتى :

يجب أن يطوى الشريط مجرداً من مقبضيه ويوزن وبما انه معلوم ان
القدم المكعب من الصلب يزن تقريباً ٤٩٠ رطلاً فإن وزن الشريط
مقسوماً على ٤٩٠ مضروباً فى ١٧٢٨ (وهى عدد البوصات المكعبة الموجودة
فى القدم المكعب ١٢ × ١٢ × ١٢) وبما ان ١٧٢٨ ÷ ٤٩٠ = ٣,٥ تقريباً
من هنا ينشأ ان مساحة قطاع شريط ما يمكن إيجادها بالطريقة الآتية :

$$م = \frac{ز \times ٣,٥}{ط}$$

م = مساحة القطاع بالبوصة المربعة

ز = زنة الشريط بالأرطال

ط = طول الشريط بالبوصات

مثال لو ان شريطاً طوله ٣٠٠ قدم ووزنه ٢ ٥/٨ رطلاً فما قيمة

مساحة قطاعه

$$م = \frac{٢ \frac{٥}{٨} \times ٣,٥}{٣٠٠ \times ١٢} = ٠,٠٢٦ \text{ بوصة مربعة}$$

« لإيجاد طول الشريط بواسطة الاختبار »

لو أريد معرفة طول شريط ما وهو تحت تأثير قوة شد ما فيمكن معرفة ذلك بواسطة الاختبار الفعلي مثلاً لنفرض ان شريطاً ما طوله ٢٠٠ قدماً يكون صحيحاً عند ما يكون تحت تأثير قوة شد قدرها ١٠ أرتال ويراد معرفة التمدد في القدم الواحد لكل زيادة في الشد قدرها رطل

تثبت احدى طرفي الشريط وتوضع قطعة مسطحة من الزنك تحت علامة ال ٢٠٠ قدم (أعنى آخر الشريط) وبعد ذلك تزايد قوة الشد في الشريط تدريجياً وتوضع علامة دقيقة في نهاية الشريط عند كل شد معين — ومن ذلك يعرف أن المسافة من العلامة الأولى الى العلامات التي تتبعها هي مجموع التمدد الناشئ من قوة الشد ولنفرض ان النتائج التي حصلنا عليها هي :

الشد بالأرتال	١٠	١٤	١٨	٢٢	٢٦	٣٠
	٠٠	٥٧٠	١,١٢	١,٧٧	٢,٣٥	٢,٩٣

أي انه عند ما تزيد قوة الشد أربعة أرتال فان التمدد يكون ٠,٥٧ من البوصة أو ٠,١٤ بوصة لكل رطل وعند ما تزيد قوة الشد ٨ أرتال يبلغ التمدد ١,١٢ بوصة أي ٠,١٤ لكل رطل وهكذا فتوسط التمدد للرطل الواحد هو ٠,١٤٦ أو ما يقرب من ٠,١٢ قدم ولكن بما ان هذا التمدد ينشأ في شريط طوله ٢٠٠ قدم فان التمدد الذي يخص القدم الواحد هو $\frac{2.12}{200} = 0.0106$, قدماً أو بمعنى آخر لو رمزنا

للممدد الناشئ من زيادة في الشد قدرها رطل هو

ت

قوة الشد بالأرطال
ش طول الشريط
ط الفرق الناشئ من زيادة الشد في جميع الشريط
ف اذن $ف = ت \times ش \times ط$

مثال أوجد الفرق الناشئ من زيادة الشد لشريط صلب عند قياس مسافة طولها ١٥٠ قدماً تقريباً إذا كان التمدد هو ٠,٠٠٠٠٥٦ قدم للقدم الواحد لكل رطل زيادة في الشد مع العلم بأن الشريط كان تحت تأثير قوة شد قدرها ١٥ رطلاً

الحل

$$ف = ٠,٠٠٠٠٥٦ \times ١٥ \times ١٥٠ = ٠,١٢٦ \text{ قدماً}$$

﴿ تصحيح تقوس الشريط ﴾

عند ما يطرح الشريط على قاعدتيه ينشأ في الشريط من ذلك تقوس في وسطه يمكن عمل حسابه ويجب ملاحظة أن المقاس المدون تقريبي وبه زيادة ناشئة عن هذا التقوس

ويجب إذ ذاك عمل حساب هذا التقوس وتزييله من طول الخط (وعملية هذا التقوس تختلف باختلاف أهمية المقاس) فانه عندما يقاس خط ليس من الأهمية بدرجة عظيمة فيكتفى بزيادة قوة الشد حتى يظن أنها كافية بنحو هذا التقوس ولكن ذلك عمل غير دقيق بالنظر إلى الدقة المطلوبة في قواعد المثلثات التي يجب عند مقاسها عمل حساب التقوس وقوة الشد كل على حدته

يجوز وتدان من الخشب طول الواحد أربعين سنتيمتراً تقريباً ويجب

أن يكونا من ذات أربعة جوانب مسطحة تماماً ثم يثبتان في الأرض تثبيتاً رأسياً دقيقاً عند أول الشريط وعند آخره تماماً ثم توضع قبضة الشريط على الأرض وفي إحدى جوانب أى الوتدين ويشد الشريط بقوة ١٠ أرطال أو ١٥ رطلاً مثلاً وبين أول الشريط وآخره بمخطين في جانبي الوتدين ثم يصير مد هذين الخطين إلى الجهة الرأسية حتى يتقاطعا مع السطح العلوى للوتدين بعد ذلك توضع قبضة الشريط فوق إحدى الوتدين (في أعلاهما) وفوق إحدى الخطين المذكورين ويشد بنفس القوة ويجب أن يراعى أن لا يمر الشريط مطلقاً على الأرض ويؤثر بمخطين فوق الوتدين عند أول الشريط وآخره فالمسافة بين هذا الخط والخط الآخر (الممتد من أسفل) على نفس الوتد هو الفرق بين المقاس في حالتي التقوس وعدمه وتعمل هذه العملية مرات عديدة ويؤخذ متوسطها ليرجع إليه عند عمل حساب طول القاعدة

﴿ تحويل المقاس الى مقاس أفقى ﴾

لو كان ارتفاع تقطى القاعدة عن سطح البحر ليس واحداً بمعنى أن إحداهما ترتفع عن الأخرى والخط الواصل بينهما يكون زاوية مع الأفقى فإنه من الضروري معرفة الخط الأفقى الواصل بينهما ومعرفة مساهمة الزاوية وذلك بضرب المقاس الذى عمل (بعد عمل التصحيح اللازم لحرارة الجو والشد والتقوس) في جيب تمام الزاوية الواقعة ما بين الخط المقاس وخط الأفقى

بمعنى أن

$$م = ط \times \text{جيب تمام ز}$$

$$م = \text{المسافة الأفقية}$$

$$ط = \text{طول القاعدة (بعد التصحيح للحرارة والشد والتقوس)}$$

$$ز = \text{زاوية الارتفاع أو الانخفاض (عن الأفق)}$$

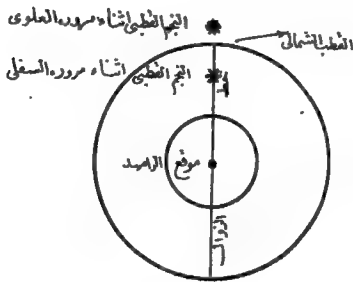
وهناك طريقة أخرى وهي أن الخط الأفقي = الجذر التربيعي للفرق بين مربعي الخط المقاس وفرق ارتفاع النقطتين عن بعضهما مثلاً لو كانت إحدى النقطتين ترتفع عن الأخرى ٤٠ متر وطول القاعدة هو ٩٠٠ متر فإن الطول الأفقي للقاعدة هو

$$\sqrt{٨٠٨٤٠٠} = \sqrt{١٦٠٠ - ٨١٠٠٠٠} = \sqrt{٢٤٠ - ٢٩٠٠} = ٨٩٩,١ \text{ متر وهو الطول الحقيقي للقاعدة}$$

« تعيين الشمال الحقيقي بواسطة الرصد على النجم القطبي »

علمنا أن النجم القطبي يبعد عن القطب الشمالى بما يقرب من ١٨° تقريباً إذن فهو ليس فى الشمال الحقيقى تماماً ونظراً لأن الكرة الأرضية (كأى سبب) أو ضحناً) تدور من الغرب إلى الشرق مرة كل أربعة وعشرين ساعة حول محورها (المثبت طرفاه فى القطبين الشمالى والجنوبى) فأتى إذ ذاك وقت يكون النجم القطبى فيه جهة الشمال الحقيقى تماماً أى يكون فى امتداد خط زوال الراصد بالقطب الشمالى ويسمى إذ ذاك بوقت المرور العلوى للنجم القطبى وبعد مضي الاثنى عشر ساعة (ساعة نجمية) على هذا الوقت تكون الكرة الأرضية قطعت نصف دورتها ويكون النجم القطبى إذ ذاك

واقفاً في اتجاه الشمال الحقيقي انما جهة الجنوب من القطب الشمالى ويسمى
إذ ذاك بوقت المرور السفلى ونظرة واحدة إلى هذا الرسم (شكل ٣)
كفيلة بإيضاح الحقيقة تماماً



(شكل ٣)

وتسهيلاً للفهم وزيادة في الإيضاح نضرب صفحاً عن دوران الأرض
ونتمسك بما يؤثره هذا الدوران من الحركة المحسوسة المرئية بالعين فكما
أن هذا الدوران يؤثر في رؤية الشمس حتى أنها ترى كما لو كانت تشرق
وتغرب كذلك يؤثر في النجوم وترى كما لو كانت تشرق وتغرب ويدخل
ضمن النجوم النجم القطبى ولكن نظراً لقربه من الشمال (القطب الشمالى)
فحركته غير منظورة اللهم إلا للراصد المدقق ويرى في هذه الحالة وهو يتم
دورة كاملة حول مركز وهمى (هو القطب الشمالى) ونصف قطر هذه
الدورة هو ١٨° تقريباً (وهذا المقدار ينقص على ممر الأيام) وذلك في
مدة أربعة وعشرين ساعة نجمية أو ٤٠,٩٦ ساعة شمسية وطبعاً أثناء
هذه الدورة يكون من القطب الشمالى في أوضاع مختلفة جهة المشرق منه

وجهة الشمال وجهة الغرب وجهة الجنوب فإن كان جهة الشرق فهو طبقاً
يكون بعيداً عن القطب إلى الجهة الشرقية أى لا يكون في الشمال الحقيقي
بالنسبة إلى الراصد كذلك الحال متى كان في الجهة الغربية منه أما إذا كان
في الجهة الشمالية فعندها أن خط النظر ما بين الراصد والنجم القطبي يمر
طبقاً بالقطب الشمالي ويكون الرصد على النجم في هذه الحالة كما لو كان على
القطب الشمالي كذلك الحال متى كان في مروره السفلى انظر الرسم نمرة (٣)
وها قد وضعنا جداول عن هذه الأوقات لمدة ست سنوات ابتداء

من سنة ١٩٢٠ (تاريخ البدء في وضع هذه الرسالة) لنهاية ١٩٢٥
ورب سائل يقول هل يمكن استعمال هذه الجداول لكافة أنحاء العالم
أم يراعى فيها الفرق في الزمن الناشئ عن اختلاف خطوط الطول وإن
كانت الثانية فلابية جهة من سطح الكرة الأرضية وضمت هذه
الجداول ؟؟؟

سؤال لا يخلو من التعقيد . إلا أن الباحث المدقق يرى أن هذه
الأوقات تستعمل لكافة أنحاء العالم لأنه لو فرضنا أن النجم القطبي يكون
في مروره العلوى ليوم أول ابريل سنة ١٩٢٠ في الساعة الثانية عشر ظهراً
فعندها أنه يكون في هذا الوقت (أى وقت الزوال) في الشمال الحقيقي تماماً
بالنسبة لآنحاء العالم لأن النجم ثابت في مكانه واختلاف خطوط الطول
لأمكنة العالم متفق عليه في ضبط المواقيت والساعات بمعنى أن النجم
القطبي عند ما يكون في الساعة ١٢ ظهراً جهة الشمال الحقيقي بالنسبة للقاهرة
ففي هذه اللحظة (ولم تقل في هذا الوقت أى الساعة) لا يكون جهة
الشمال بالنسبة إلى لندن إذ لا يقل أن يكون النجم جهة الشمال في
الرسالة الطبوغرافية ج ١ (٦)

لحظة واحدة بالنسبة لبلدين ليسا على خط طول واحد لأن الساعة بلندن إذ ذاك تكون العاشرة صباحاً (أنظر صحيفة ١٩ من خطوط الطول) ويكون النجم طبعاً بعيداً عن الشمال بالنسبة لها حتى إذا ما انحرفت القاهرة جهة الشرق بتأثير دوران الأرض فلا يمضي مدة ساعتين (وهي فرق خطي الطول بين القاهرة ولندن) حتى يقع النجم القطبي في الشمال الحقيقي تماماً بالنسبة الى لندن ويكون الوقت إذ ذاك الثانية عشر ظهراً (أى كما هو موضح بالجدول) كذلك الحال في أمريكا واليابان وكافة أنحاء العالم أو بمعنى آخر لا يمضي مدة ساعتين حتى تقع لندن في اتجاه القطب الشمال والنجم القطبي (وهما ثابتان في مكانهما) ويكون الرصد في هذه الحالة كما لو كان على القطب الشمالى

نظرية هامت

لو كان اليوم النجمى يساوى اليوم الشمسى إذن لما كان هناك حاجة لذكر هذه الجداول إلا أنه نظراً لأن اليومين غير متساويين وبهما فرق يقرب من ٣,٩٥ دقيقة فإن وقت المرور العلوى ينقص تدريجياً يومياً بهذا المقدار فلو علمنا مثلاً وقت المرور العلوى لأي يوم وطبقنا عليه هذه النظرية لا يمكن معرفة وقت المرور العلوى لأي يوم آخر مقرباً إلى أجزاء البديقة هذا وعند الرصد وتطبيق هذه الجداول عليها يجب مراعاة أن الوقت المدين بها هو وقت فلكي أى يتبدى من الظهر وينتهى باتهاء الظهر من اليوم التالى أى طوله ٢٤ ساعة تماماً ويجب ملاحظة تحويل الوقت المدين بساعة الراصد إلى الوقت المحلي بمعنى أنه يراعى موقع الراصد بالنسبة إلى المرصد المخصص

لضبط الساعات في هذه المملكة فإن كان الراصد في المحرسة مثلاً فلا حاجة به إلى تحويل ساعته إلى وقت محلي لأن الوقت المبين بها هو الوقت نفسه الذى أنبأت به الرصدخانه أما إذا انتقل الراصد إلى جهة أخرى بعيدة عن القاهرة ولتكن الاسكندرية مثلاً فيجب مراعاة أن الاسكندرية غرب القاهرة بما يقرب من الخمسة دقائق أى أن الساعة بها ١١ ٥٥ حينما تكون بالقاهرة الثانية عشر ظهراً

✽ الرصد على النجم القطبي اثناء مروره العلوى لخط الزوال ✽

علمنا أن النجم القطبي يمر في اتجاه الشمال الحقيقى تماماً مرتين كل يوم فى احدهما يكون فى هذا الاتجاه جهة الشمال من القطب الشمالى وفى الآخر جهة الجنوب منه

تجد بمجدول نمرة ١ الأوقات الفلكية التى يكون النجم القطبي فيها فى مروره العلوى بالنسبة لخط الزوال وذلك لمدة ست سنوات ابتداء من سنة ٩٢٠

فالعمود الأيمن من الجدول يوضح الفرق بالنقاط ما بين وقتى مرورين علويين ليومين متتابعين ويستعمل هذا الفرق لأى يوم فى التواريخ المحصورة بين نفس السطر الأفقى له وما يليه فمثلاً الفرق ٩٥, ٣ الموضح أمام أول يناير سنة ٩٢٠ يوضح أن ما بين أول يناير سنة ٩٢٠ و١٥ منه ينقص وقت المرور العلوى يومياً بمقداره ٩٥, ٣ (وهى كما سبق أوضحنا الفرق بين اليومين الشمسى والنجمى) فمثلاً وقت المرور العلوى ليوم ٨ يناير سنة ٩٢٠ يمكن معرفته وذلك بأن نطرح من وقت المرور العلوى ليوم أول يناير سنة ٩٢٠

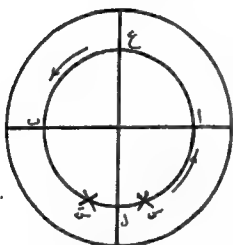
هذه الكمية $٣,٩٥ \times ٧ = ٢٧,٦٥$ وهى السبعة أيام التى تمضى ما بين أول يناير و ٨ منه

وتسهيلاً للعمل ومنعاً مما عساه ينشأ من الخطأ فى عملية الحساب قد أوجدنا جدول نمرة ٢ به التصحيحات التى يجب مراعاتها فى أواسط الشهر فلنفرض مثلاً أنه أريد معرفة وقت المرور العلوى ليوم ٩ أكتوبر سنة ٩٢٠ الفرق لليوم الواحد الموضح تجاه أول أكتوبر سنة ٩٢٠ هو ٣,٩٣ دقيقة وبالبحت عن هذه الكمية بجدول نمرة ٢ فى الأعمدة الرأسية نجد أن الرقم ٣,٩٤ دقيقة يقع فى هذا المامود وتجاه التاريخ ١٩ أو ٢٣ وطرح ٣,٩٤ دقيقة ينشأ أن $٣,٩٧ - ٣,٩٤ = ٠,٠٣$ وهو وقت المرور العلوى ليوم ٩ أكتوبر سنة ٩٢٠ ويجب ملاحظة أنه فى التواريخ المحصورة ما بين ١٢ أبريل سنة ٩٢٠ و ١٥ منه فإن التصحيح الموجود بجدول نمرة ٢ لا يمكن طرحه وذلك لأن المطروح منه أقل من المطروح فى هذه الحالة يجب إضافة $٠,٠٣$ (وهو اليوم النجى الحقيقى ما بين مرورين علويين متتابعين) الى المطروح منه لإمكان إجراء عملية الطرح

✽ وقت المرور السفلى ✽

بما أن النجم القطبى يتم دورة كاملة حول القطب فى مدة $٢٣٠٦,١$ أذن فهو يقطع نصف الدائرة فى $٢٣٠٦,١ \div ٢ = ١١٠٨$ تقريباً أذن فهو يمر بمروره السفلى بعد ١١٠٨ من وقت مروره العلوى فلو كان وقت المرور العلوى لأى يوم من الأيام كالموضح بجدول نمرة ١ يقل عن ١١٠٨ فإن

هذه الكمية تضاف الى وقت المرور العلوى وذلك لا يمكن معرفة وقت المرور السفلى أما إذا كان وقت المرور العلوى يزيد على $١١^{\circ} ٥٨'$ فان هذه الكمية يجب طرحها من وقت المرور العلوى لنفس اليوم وبالرجوع الى (شكل ٤) يمكن ايضاح ذلك تماماً.



(شكل ٤)

ا ع ب ل هي الدائرة التي يقطعها النجم القطبي حول القطب متجهاً في اتجاه السهم أى في اتجاه عكسي لعقرب الساعة في مدة $١١^{\circ} ٥٦' ٢٣''$ ل ع هو الشمال يقطع النجم احدى انصاف الدائرة ل ا ع اوع ب ل في ما يقرب

من $١١^{\circ} ٥٨'$ ونرمز لهذا الوقت بحرف « ق ». فلو كان الوقت حينما يكون النجم في ع (وهو المرور العلوى) اقل من $١١^{\circ} ٥٨'$ فنمناه انه عند ابتداء اليوم كان النجم في نقطة س مثلاً على يمين ل (المرور السفلى) وقبل نهاية اليوم فان النجم سيقطع طريقه في ع ب ل س ماراً بالشمال في نقطة ل (المرور السفلى) بعد مضي « ق » من الوقت زيادة عن وقت مروره بنقطة ع (المرور العلوى) أما اذا كان الوقت حينما يكون النجم في نقطة ع اكبر من ق $١١^{\circ} ٥٨'$ فن هذا يستنتج انه عند ابتداء اليوم كان النجم عند نقطة س على يسار نقطة ل (المرور السفلى) فنجد مروره طبعاً من نقطة س

الى ع يمر بنقطة ل (المرور السفلى) بمقدار «ق» من الوقت قبل أن يصل ع
فن هذا ينشأ أنه يمكن معرفة وقت المرور السفلى بطرح ق من الوقت
من وقت المرور العلوى .

✽ تعيين الشمال الحقيقى بواسطة الرصد على النجم القطبى ✽

انتخب يوما من أيام السنة يكون النجم القطبى فى احدى مرويه
العلوى أو السفلى ليلاً (ويحسن أن يكون فى أوائل الليل) وبالرجوع
الى جدول مرة ١ يمكن تعيين الوقت الحقيقى لاحدى المرورين كما أنه يجب
الاعتناء التام فى تحويل أوقات هذه الجداول الى الوقت المدنى (بمعنى أن
الوقت الموضح بالجدول يبتدىء من الظهر وينتهى الى الظهر) بخلاف
الساعات التى نستعملها فانها تبتدىء من منتصف الليل الى الظهر ومن الظهر
الى منتصف الليل) وقبل المرور بخمسة عشر دقيقة تقريباً ضع التيودوليت
وضعاً أفقياً (كما هو معلوم فى غير هذا المكان) فوق احدى نقط مثلثات
القاعدة المراد معرفة انحرافها عن الشمال وفى هذه الحالة يجب أن يكون
فوق النقطة الأخرى للقاعدة نور مصباح مضىء ثم وجه نظارة التيودوليت
الى النجم بعد أن تضع ورنية A على صفر الدرج وقليل من القاطن
(وتدون هذه القراءات باستمارة خاصة لذلك) ويجب أن يكون لديك مصباح
مضىء معلق بجانب العدسة الشبكية للتيودوليت ومنحرف عنها جهة اليمين
أو اليسار قليلاً حتى تضىء شعرتى التقاطع ويمكن لك رؤيتهما ثم اربط
مسبار الحافتين العليا والسفلى (بعد أن تكون وجهت التيودوليت الى النجم)
وبواسطة مسبار الحركة البطيئة للحافة السفلى حرك التيودوليت حتى يقع
النجم فى تقاطع الشعرتين واتبع سيره بتحريك نفس المسبار حتى يحل

الوقت لمروده العلوى أو السفلى (الذى يحسن أن يبلغ عنه بواسطة مساعد خصيص لهذه الغاية) ثم اقرأ وزننى A و B ثم فك مسار الحافة العليا ووجه النظارة الى نقطة القاعدة الأخرى واربط مسار الحافة العليا وبواسطة مسار الحركة البطيئة للحافة العليا اجعل المصباح (الذى على النقطة المرصود عليها) فى تقاطع شعرتى النظارة ثم اقرأ وزننى A و B واطرح القراءة الأولى للوزنتين (عند الرصد على النجم) من القراءة على المصباح (نقطة القاعدة) فتوسط الطرح هو قيمة الزاوية التى تنحرف بها القاعدة عن الشمال الحقيقى وهو ما يمبر عنه (Azimuth) ولنضرب لك مثالا

لإيجاد وقت المرور العلوى ليوم أول سبتمبر سنة ١٩٢٠

الحل

جدول نمرة ١ يبين أن المرور العلوى ليوم أول سبتمبر سنة ١٩٢٠ هو ١٤ ٤٧,٤ أى ١٤ ساعة بعد الظهر أو الثانية بعد منتصف الليل) ثم الفرق لليوم الواحد هو ٣,٩٢ وبالرجوع الى جدول نمرة ٢ تجد أن التصحيح الواجب مراعاته تحت الرقم ٣,٩٢ وتجاه يوم ١٢ هو ٤٣,١ ويطرحه من ١٤ ٤٧,٤ ينشأ أن ١٤ ٤٧,٤ - ٤٣,١ = ١٤ ٤٣ أى ولكن ١٤ ساعة معناه أن الساعة تكون الثانية بعد منتصف الليل أى الثانية صباحاً ليوم ١٣ سبتمبر سنة ١٩٢٠ لأن اليوم عند الفلكيين يبتدىء من الظهر الى الظهر

مثال آخر

أوجد وقت المرور السفلى للنجم القطبى ليوم ١٣ ابريل سنة ١٩٢١

من جدول نمرة ١ المرور العلوى ليوم أول ابريل سنة ١٩٢١

س	٥٢,٤
٢٢	٥٦,١
٢٤	٤٨,٥

وبإضافة يوم نجمى عليها

أوجد الفرق لليوم الواحد ٣,٩٣ ثم التصحيح من جدول نمرة ٢

ساعة

لعمود ٣,٩٣ تجاه يوم ١٣ هو ٤٧,٢ وطرحة من ٤٨,٥ ٢٤

٤٧,٢
٢٤ ١,٣
١١ ٥٨,٠٠
١٢ ٣,٣

وقت المرور العلوى ليوم ١٣ ابريل سنة ١٩٢١

« « « « « السفلى « «

نعين الشمال الحقيقى بواسطة الرصد على النجم القطبى

وهو فى أقصى مروره شرقاً أو غرباً

قد لا تصلح فى كثير من الأحوال أوقات إحدى المرورين العلوى أو السفلى للرصد بأن يكون العلوى فى الساعة السادسة صباحاً والسفلى فى الساعة السادسة مساءً مثلاً وكلاهما لا يصلح للرصد لأنهما أثناء النهار فى فصل الصيف أو بأن يكونا فى الساعة الثانية عشر ظهراً والثانية عشر مساءً فأولهما لا تظهر فيه النجمة وثانيهما فى ساعة متأخرة من الليل لذا فكرنا فى إيجاد أوقات أخرى وهى وسط بين هذا وذاك الرجوع إليها فى مثل هذه الأحوال وقد يكون الرصد فى هذه الأوقات أكثر دقة وأجلى وضوحاً من غيرها وتسمى بأوقات أقصى المرورين شرقاً وغرباً

يقال للنجم أنه فى أقصى مروره شرقاً حينما يبلغ منتهى الشرق لدورته اليومية حول القطب الشمالى ويقال له فى أقصى مروره غرباً حينما يبلغ منتهى الغرب من هذه الدورة ويلاحظ أنه عند بلوغه هذين النقطتين

(أقصى المورين شرقاً وغرباً) يغير اتجاهه فجأة من اليمين إلى اليسار أو من اليسار إلى اليمين

وقد علمنا أن النجم القطبي يتم دورة كاملة حول القطب الشمالى ماراً بالمورين العلوى والسفلى مرة كل ٢٣٥٦١ سنة فطبعاً أثناء هذه الدورة يمر بالنقطة ١ من شكل ٤ وهى أقصى مروره شرقاً ويراعى فى هذه الحالة أنه عند وصوله لهذه النقطة ١ يتجه فى اتجاه مضاد لاتجاهه الأسبق لأنه قبل وصوله إليها كان متجهاً من اليسار إلى اليمين (أى من الغرب إلى الشرق) حتى إذا ما وصل إليها تراه وقد وقفت حركته لحظة عن المسير ثم يعكس سيره ويتجه من اليمين إلى اليسار أى من الشرق إلى الغرب

إذن فهذان الموران يصلحان كثيراً للرصد على النجم لتعيين الشمال الحقيقى وللوصول إلى ذلك وجب علينا وضع جداول تبين انحراف هذا النجم عن الشمال أثناء هذين المورين لسنين متعددة ولإما كن مختلفة خطوط عرضها ومتى عرف مقدار هذا الانحراف فى يوم الرصد فليس هناك لبس فى تعيين الشمال الحقيقى سوى أن يرصد على النجم القطبى فى إحدى هذين المورين حتى إذا ما بلغ إحداهما تماماً تؤخذ زاوية تساوى انحراف النجم القطبى عن الشمال فى هذه السنة (وهى موضحة بمجدول نمرة ٣) وتعرف نظارة التيودوليت بمقدارها شرقاً إن كان النجم فى مروره غرباً أو غرباً إن كان النجم فى مروره شرقاً

« أوقات أقصى المورين شرقاً وغرباً »

يكون النجم القطبى فى أقصى مروره شرقاً وذلك قبل وصوله إلى

المرور العلوى بمقدار ٥٩ دقيقة تقريباً ويكون في أقصى مروره غرباً وذلك بعد وصوله إلى المرور العلوى بهذا المقدار أيضاً

لنا فآوقات المرورين الشرقى أو الغربى يمكن تعيينها من جدول نمرة ١ الخاص بمعرفة أوقات المرور العلوى كما أنه يجب ملاحظة أنه لا داعى لتعيين وقتى المرورين الشرقى والغربى بالدقة بل يكتفى بتعيينها بوجه التقريب ليعلم الراصد فى أية ساعة من الليل يبدأ عملية الرصد — جدول نمرة ٣ . موضح به جهة اليسار خطوط العرض التى يجب مراعاتها بمعنى أنه يجب معرفة خط عرض مكان الراصد أولاً ثم تعيين الانحراف مقدراً بالدرج والبقاىq والثوانى الواقع أمام خط عرض الراصد وهذه الزاوية هى التى ينحرف بمقدارها النجم شرقاً أو غرباً كما أوضحنا

عملية الرصد على النجم القطبى أثناء امدى مروره شرقاً أو غرباً

وتعيين الشمال الحقيقى بواسطتها

عين وقت المرور الشرقى أو الغربى كما أوضحنا ذلك فى البند السابق وقبل حلول الوقت بمقدار ٣٠ دقيقة ضع التيودوليت وضماً هندسياً فوق إحدى نقطتى القاعدة المراد معرفة انحرافها عن الشمال الحقيقى ثم يجعل التيودوليت أفقياً (ويجب أن يكون التيودوليت قد ضبط من كل أوضاعه ولا داعى لذكر ذلك هنا إذ قد أسهب فى إيضاح ذلك فى رسالت مدرسة المساحة) — توضع الورنية على صفر درج وبضعة دقائق ويربط مسمار الحافة العليا وتقرأ وتدون بدقتر الأرصاء ثم توجه النظارة إلى النجم القطبى ويربط مسمار الحافة السفلى ثم اتبع سير النجم وذلك بتحريك مسمار الحركة

البطيئة للحافة السفلى فلو كان النجم مقترباً إلى المرور الشرق فإن حركة سيره تكون جهة اليمين وإن كان مقترباً من مروره الغربى تكون حركة سيره جهة اليسار (ولا يفوتك أن نظارة التيودوليت من شأنها عكس الأوصاف والاتجاهات) وعند ما يقرب من إحدى المرورين فإنه يرى وقد وقفت حركة سيره الألفية وترى صورته متحركة بحركة رأسية فى هذه اللحظة يكون النجم قد اقترب من إحدى مروريه شرقاً أو غرباً حتى إذا ما اتجه فى اتجاه مضاد لاتجاهه الأسبق فى هذه اللحظة يكون قد وصل نقطة إحدى المرورين الشرقى أو الغربى تماماً بحسب حركة سيره وبذا تمت عملية الرصد

ينحرف التيودوليت بمقدار الزاوية الموضحة بامود السنة المرصود فيها وتجاه خط عرض المكان جهة اليمين إن كان النجم فى مروره غرباً أو جهة اليسار إن كان فى مروره شرقاً ومنها تقرأ زاوية انحراف القاعدة عن الشمال هذه هى الطريقة المثلث لتعيين الشمال الحقيقى ولكن هناك طرقاً أخرى سنذكرها هنا على سبيل العلم بالشئ

يراقب الراصد إحدى النجوم (المضيئة) أثناء شروقها تماماً أى عند ما تبدىء فى الظهور جهة الشرق بموازاة الأفق تماماً ثم يتبع سيرها وترى وهى ترتفع تدريجياً حتى إذا ما وصلت إلى خط الزوال ترى وهى تنخفض تدريجياً ثم يراقب سيرها جهة غروبها حتى إذا ما صارت بموازاة الأفق تماماً وابتدأت فى الاختفاء تنصف الزاوية المحصورة ما بين تقطعي شروقها وغروبها ويكون خط التنصيف هو الشمال الحقيقى أو اتجاه خط الزوال ويلاحظ أنه هو الخط الذى مرت به النجمة فى أقصى ارتفاع لها وابتدأت عند وصوله الى الانخفاض

ولكن التجارب أثبتت أن هذه الطريقة وإن كانت سهلة الاستعمال إلا أنه لا يمكن استعمالها إلا إذا كان الأفق مكشوفاً ولا يكون ذلك إلا إذا كان موقع الراصد على شاطئ البحر ومع ذلك فهي قليلة الاستعمال لعدم ضبط الارصاد بالقرب من الأفق نظراً للانكسار الفلكي وسنأتى على شرحه وقانونه

وقد يمكن تعيين خط الزوال (الشمال الحقيقي) برصد إحدى النجوم ونهى نحو الشرق أو الغرب ليست عند ما تكون بموازاة الأفق (كما في الحالة السابقة) بل حينما تكون مرتفعة عن الأفق بارتفاع واحد نحو الشرق والغرب وتسمى حينئذ بطريقة الارتفاعات المتطابقة وكيفية عملها هي أن توجه النظارة الى إحدى النجوم جهة الشرق وذلك بعد ربط ورنيه «A» على الصفر تماماً ثم تقرأ الزاوية الرأسية التي ترتفع بها هذه النجمة عن الأفق ويحسن أن يربط مسمار النظارة حتى تحفظ ارتفاعها ثم يفك مسمار الحافة العليا وينظر وقت مرور هذه النجمة جهة الغرب بارتفاع يساوى الارتفاع السابق حينما كانت جهة الشرق — حتى اذا ما مرت في تقاطع الشعرتين تماماً (الأفقية والرأسية) تقرأ الوردية في الدائرة الأفقية وتنصف الزاوية ويكون خط التنصيف هو الشمال الحقيقي تماماً

الجو وتركيبه وثقله

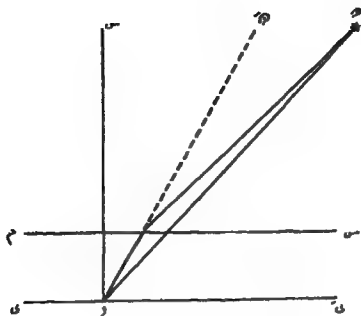
الأرض محاطة من جميع الجهات بطبقة غازية وجودها ضرورى لحفظ حياتنا وتسمى هذه الطبقة بالجو أو الهواء وليس الهواء جسماً بسيطاً بل هو مركب من ٢٠,٨ جزءاً من الاوكسجين و٧٩,٢ جزءاً من الأزوت في

المائة من الحجم ومن حيث ثقله فانه يتركب من ٧٣ جزءاً من الأوكسيجين
و ٧٧ جزءاً من الأزوت

وخواص الجو تمتازل خواص جميع الغازات بمعنى أن له ثقلاً وان فيه
خاصة الانتشار ويعرف أن له ثقلاً بواسطة البارومتر ولكن كثافته وقوة
انتشاره في الطبقات المختلفة تأخذ في النقص تبعاً لارتفاعات الطبقة عن
سطح الأرض لأن الطبقة العليا تضغط على الطبقة السفلى الحاملة لها ويلزم
أنه كلما قربت الطبقة من نهاية الجو كانت جواهرها متمددة وقوة انتشارها
ضعيفة لأنه اذا لم يكن كذلك لانتشر الجو في الفضاء جبراً عن قوة
جذب الأرض

أما وقد تكلمنا باختصار عن الجو فيجب أن نذكر شيئاً عن الانكسار
الفلكى وتأثيره في الارصاد الجوية

مما هو مقرر في علم الطبيعة أن الأشعة الضوئية تسرى في خط مستقيم
في الوسط المتحد الكثافة ولكن حينما تمر هذه الأشعة بواسطة مختلفة
الكثافة فانها طبعاً تنحرف عن اتجاهها وذلك عن تقابلها بالسطح الذي
تفترق فيه كثافة الجو ويسمى تغير الاتجاه أو انحناء الأشعة بالانكسار
الفلكى كما في شكل (٥) فثلاً لورمناى لسطح الكرة الأرضية التي
عليها موقع الراصد في نقطة د وكان سطح الكرة الأرضية وهو ى محيطاً
بطبقة من الهواء ى ٢ س ى ذات كثافة واحدة وارتفاع معلوم فالشعاع
الضوئى الواصل من أى كوكب سماوى مثل ه ينحني الى الجهة السفلى
(تحت تأثير ضغط الهواء) متى وصل الى س ٢ السطح العلوى لطبقة
الهواء ويتحول ويمجرى الشعاع في خط منكسر عوضاً عن أن يسرى في



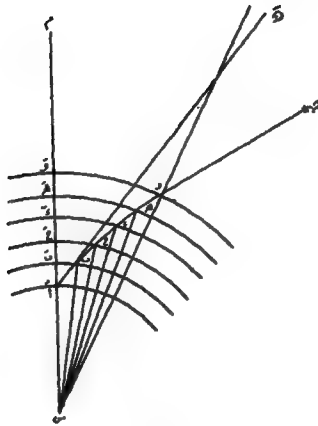
(شكل ٥)

خط مستقيم ويؤثر هذا الانكسار في رؤية الكواكب السماوية تأثيراً يختلف باختلاف طبقات الجو الذي مر فيه الشعاع الضوئي فان الكوكب السماوي يرى في النقطة δ (امتداد الخط من موقع الراصد الى نقطة انكسار الشعاع بتأثير ضغط الجو) (الانكسار الفلكي) عوضاً عن أن يرى في مكانه الأصلي وهو δ والفرق ما بين الشعاعين δ (الذي كان يجب أن يرى فيه أن لم يكن هناك انكسار فلكي) δ والذي يظهر لك الكوكب فيه هو مقدار الانكسار الفلكي .

من هنا يرى أن تأثير الانكسار الفلكي من شأنه أن يزيد في ارتفاع الكوكب عن الأفق فالارتفاع δ وي يسمى بالارتفاع الحقيقي للكوكب . كما أن الارتفاع δ وي يسمى بالارتفاع الظاهري لكوكب ما . ولايجاد الارتفاع الحقيقي متى علم الارتفاع الظاهري يجب طرح قيمة الانكسار الفلكي وهي δ من الارتفاع الظاهري δ وي إلا أنه يفهم من هذا الايضاح أن الفراغ الذي يملأ السطح δ هو

خلو من الطبقات الجوية لا تأثير له وان جو الأرض المحصور ما بين
 م س سى هو متحد الكثافة في جميع أبعاده وهذا خلاف الحقيقة لأن الجو
 كلما قارب سطح الكرة الأرضية كلما كانت كثافته عظيمة وتلاشى هذه
 الكثافة شيئاً فشيئاً في أقصى ارتفاعه ويجب أن يلاحظ أن انكسار الشعاع
 كلما كان قريباً من الأفق كلما كان عظيماً حتى إذا ما بلغ سمت الرأس فقد انكساره
 وان الشعاع الذى يسير في مثل هذا الجو المختلف الكثافة يكون
 دائماً أبداً كثير التغير والانحناء تحت تأثير اختلاف كثافة الجو بمعنى أن
 هذا الشعاع يتحول الى خط منحن تمام الانحناء (وذلك لأن كثافة الجو تأخذ
 في الازدياد تدريجياً كلما انخفض الى الأفق) عوضاً عن أن يكون
 خطاً مستقيماً

ونظرة واحدة الى الشكل ٦ كفيية باثبات ذلك ولتمثل لك هذا المنحني
 بالخط و ه و ع ب فان الشعاع الضوئى الذى مصدره النجمة ه يقابل
 أولاً سطح الجو في النقطة و وهى أخف الجو كثافة ثم يستمر انحناءه في
 الازدياد (بتأثير زيادة كثافة الجو) كلما قارب سطوح الجو المختلف الكثافة
 في النقطة ه و ع ب حتى يصل لعين الراصد في النقطة ا وفى هذه الحالة
 يرى النجم كما لو كان في النقطة ه (وهى اتجاه خط الشعاع الاخير ا ب)
 هذا ولم يقف العلماء حتى الآن على تقدير دقيق لقيمة الانكسار الفلكى
 الذى يجب مراعاته لأى ارتفاع لأن قيمة الانكسار في هذه الحالة تتوقف
 على معرفة حرارة الجو وكثافته ليس فقط في مساواة سطح الكرة الأرضية
 إنما في كل الخط المار به الشعاع وهو ا ب ع و ه و إلا أنه قد صار وضع
 جداول يمكن الرجوع اليها في تعيين قيمة هذا الانكسار (الذى لا يفرق



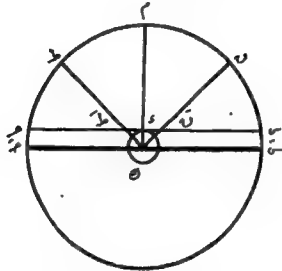
(شکل ٦)

في الغالب أكثر من ثانية واحدة) شرطاً أن يكون الكوكب المرصود عليه مرتفعاً عن أفق الراصد بما لا يقل عن عشرة درجات لأن مرور هذا الشعاع في آلاف الأميال وفي جو كثير الكثافة لا يمكن تعيينه بدقة مهما كانت الطرق المتبعة

هذا وتجدر بجدول نمرة ٤ قيمة الانكسار الفلكي لارتفاعات معينة وقد أخذناه عن العالم الفلكي الألماني الشهير المسمى بسل Bessel واليه تنسب هذه الجداول التي وضعها بعد طول الاختبار الدقيق

من هنا يمكن معرفة الارتفاع الحقيقي لأي كوكب عن أفق الراصد بقراءة زاوية ارتفاعه. وطرح منها قيمة الانكسار الفلكي وهو الموجود تجاه هذا الارتفاع

تعيين خط عرض مكانه الراصد بواسطة الرصد على النجم القطبي
خط عرض أى مكان هو عبارة عن ارتفاع القطب عن أفق الراصد
في هذا المكان واليك شرح ذلك



(شكل ٧)

أن الشكل نمرة ٧ يمثل لك جزءاً من سطح الكرة الأرضية يحيط به
نظيره من الكرة السماوية حـ م هو قوس من الكرة السماوية م هو
سمت رأس الراصد الذي موقعه فوق سطح الكرة الأرضية في م وبما أن
المسافة من م الى ك (التى هى نصف قطر الكرة الأرضية) تكاد تكون
غير محسوسة بالنسبة للبعد العظيم ما بين الكرة الأرضية والكرة السماوية
حتى أن الكرة الأرضية تعتبر كنقطة صغيرة لا أبعاد لها فيمكن إذ ذاك
اعتبار موقع الراصد في ك التى هى مركز الكرة الأرضية عوضاً عن م وفى
هذه الحالة يكون أفق الراصد هو م ح الموازى لأفقه الأصلي م ح
ولنفرض بأن ك ط ط هو خط الاستواء وإن ك م هو محور الكرة
الأرضية (عمودياً على خط الاستواء) أو بمعنى آخر ان المسافة ما بين خط
الطوغرافيا (أ)

الاستواء وموقع الراصد مقدرة بالقوس البرجي μ ك ط (امتداد اضلاعها الى الكرة السماوية) . هو خط عرض الراصد ولكن زاوية θ ك س أو θ م س (لأن الاخيرة تساوى الأولى لانهما زاويتان متناظرتان) تساوى الزاوية μ ك ط لأن كلا منهما متممة للزاوية μ ك θ فن هنا ينشأ أن ارتفاع القطب عن أفق الراصد يساوى خط عرضه

ولكن النجم القطبي يبعد عن القطب الشمالى بما يقرب من ١٨° فأتى وقت يكون الرصد عليه كما لو كان على القطب الشمالى تقريباً وذلك فى أوقات احدى أقصى مروريه شرقاً أو غرباً لانه والقطب والشمالى فى هاتين الحالتين يكونان فى مستوى أفقى واحد والزاوية الرأسية المقامة على أحدهما تساوى الزاوية المقامة على الآخر إذن فلورصدنا على النجم القطبى أثناء إحدى مروريه شرقاً أو غرباً وقيست زاوية ارتفاعه عن أفق المحروسة لكانت هى زاوية خط عرض مكان الراصد تقريباً

تعيين خطوط الطول

تنسب خطوط الطول كافة الى خط طول واحد يقال له خط الأساس أو خط الصفر ومنه تقاس كافة خطوط الطول يمينا ويساراً
وخط الطول الأساسى للقطر المصرى هو خط طول جرينوتش المار بضاحية من ضواحي لندن نخط طول القاهرة إذن هو عبارة عن المسافة (مقدرة بالدرج القوسى والدقائق والثوانى) التى تباعد بها من خط طول جرينوتش وتعرف هذه المسافة بأنها فرق الزمن النجمى المبين على الساعة النجمية فى كل من المحروسة وجرينوتش محولاً الى درج قوسى (انظر صحيفة ١٩ من هذه الرسالة

والفصول الى تعيين خط طول مكان ما بالنسبة الى آخر يجب استعمال ساعة نجمية دقيقة وترصد نجمة من النجوم (ويحسن أن تكون من النجوم الشهيرة) حتى اذا ما مرت هذه النجمة بخط زوال مكان الراصد تضبط الساعة على صفر ساعات وصفر دقائق وثوان أى الساعة ١٢ تماماً أى يبتدىء اليوم فى هذه اللحظة ثم يطلب بعدها من الراصد بالمكان الآخر أن يرقب وقت مرور هذه النجمة بخط زواله حتى اذا ما مرت به ضبطت الساعة على صفر أى اثني عشر تماماً أى أن اليوم يبتدىء هناك فى هذه اللحظة وتخطب الجمة الأولى تلترافياً ففرق الساعتين هو عبارة عن فرق خطي طوليهما. يضرب فى ١٥ ينتج فرق طوليهما بالدرج والدقائق والثواني القوسية فا كانت ساعتها أسبق من الثانية فعى شرق الأخرى هذا ويجب أن تعمل هذه العملية مرات عديدة زيادة فى الدقة فمثلاً لو مرت النجمة الأصلية بخط زوال المحروسة فى هذه اللحظة وضبطت الساعة على ابتداء اليوم تماماً ثم انتظر وقت مرورها بخط زوال جرينوتش وضبطت الساعة فى جرينوتش على صفر ساعات أى ١٢ ساعة تماماً ففرق الساعتين هو عبارة عن فرق خطي طوليهما

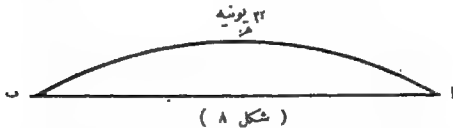
ويمكن معرفة خط طول مكان الراصد ولكن قياساً تقريبياً وذلك بالرصد على الشمس عند مرورها بخط زوال الراصد أى الساعة ١٢ تقريباً (ووقت مرورها بخط الزوال هو الوقت الذى تصل فيه الى أقصى ارتفاع لها وتبتدىء بعده فى الانخفاض) ثم ترصد أيضاً بواسطة راصد آخر فى خط زوال نقطة الصفر (خط زوال جرينوتش) كالطريقة التى اتبعت فى الرصد على النجمة الأصلية إلا أن الرصد على الشمس لا يكون من الدقة كالأرصاد

على النجوم نظراً لحرارة الشمس نهراً وقرب الشمس من الأرض وكبر حجم قرصها

نصيب خط عرضي مثله الراصد بواسطة الراصد
على الشمس وقت الزوال

قبل شرح هذه الطريقة يحسن بنا أن نذكر بإيضاح حركة الشمس الظاهرية في الفضاء ومرورها بخط الاستواء وارتفاعها أو انخفاضها عنه في أوقات معينة من السنة وتأثير ذلك في اختلاف الفصول

تدور الأرض دورة كاملة حول الشمس مرة كل عام واحد وينشأ من هذه الحركة أن الشمس تبرى كما لو كانت هي التي تدور حول الأرض، وأثناء هذه الدورة تقطع الشمس مدار خط الاستواء مرتين أحدهما جهة الشرق منه وهي آتية من نصف الكرة الجنوبي إلى نصفها الشمالي وذلك في ٢١ مارس والأخرى جهة الغرب منه وهي آتية من نصف الكرة الشمالي إلى نصفها الجنوبي وذلك في ٢٢ سبتمبر وتسمى هاتان النقطتان بنقطتي الاعتدالين إذ يتساوى فيهما الليل والنهار ويكون كل منهما يساوى ١٢ ساعة تماماً، والشكل نمرة ٨ يوضح هذه الحركة — ١ ب خط الاستواء



١ ح ب هو مرور الشمس (بحركتها الظاهرية) أثناء نصف السنة من ٢١ مارس إلى ٢٢ سبتمبر وتقطعا ١ ٦ ب هما تقطعا الاعتدالين وتستغرق

الشمس سنة كاملة في قطع هذه الصورة الظاهرية (أو بمعنى آخر ان الكرة الأرضية تتم في الحقيقة دورة كاملة حول الشمس في سنة واحدة) وبما ان خط الاستواء للكرة السماوية هو دائرة على الكرة السماوية وعلى بعد ٩٠° من القطبين كما ان خط الاستواء للكرة الأرضية هو دائرة تحيط بالكرة الأرضية وعمودية على قطبيها فينشأ من هذا ان الشمس عند حركتها الظاهرية تقطع خط الاستواء مرتين كل سنة واحدة فلورصد على الشمس في احدى هذين الوضعين أولهما في ٢١ مارس وثانيهما في ٢٢ سبتمبر فان الرصد عليها يعتبر كما لو كان على خط الاستواء لأن الشمس تكون اذ ذاك في نقطة تقابلها بخط الاستواء وتكون الزاوية المحصورة ما بين الشمس وسمت الرأس هي خط عرض مكان الراصد انظر الشكل نمرة ٩

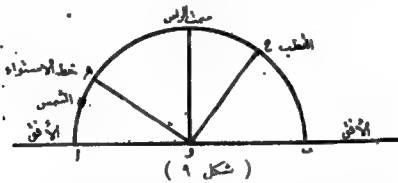
١ ب هو أفق الراصد من سمت الرأس ح القطب الشمالى و خط الاستواء

ع ٦ م متعامدان والزاوية س و ه هي خط عرض مكان الراصد

ومن هنا يمكن الاستدلال على أن الشمس ترتفع عن خط الاستواء شمالاً ابتداء من ٢١ مارس حتى تصل الى منتصف القوس ١ ح ب شكل ٨ ونقطة منتصفه هي ح وذلك في نصف المسافة من ٢١ مارس الى ٢٢ سبتمبر أى في ٢٢ يونيو وتكون اذ ذاك في أقصى ارتفاع لها ثم تبتدى بعدها في الانحدار وبما أن مصر واقعة شمال خط الاستواء اذن في هذا التاريخ تقرب الشمس جداً من سمت الرأس وتكون الحرارة فيه قوية للغاية حتى اذا ما وصلت الى نقطة ب (في ٢٢ سبتمبر) تكون في خط الاستواء ثم تبتدى بعدها في الانحدار جنوب خط الاستواء حتى تصل الى النقطة و (غير مبينة بالشكل) منتصف القوس ١ ب (جهة الجنوب) وذلك في

٢١ ديسمبر وتكون أبعد ما يكون عن سمت الرأس ويكون الوقت شتاء ثم
تبتدئ بعدها في الارتفاع رويداً حتى تصل الى نقطة ا في ٢١ مارس وتكون
اذناك في خط الاستواء عند موضعها الأول وبذا تتم دورة كاملة

وأقصى ارتفاع تصل اليه الشمس في ٢٢ يونيه هو $٥٠,٤^\circ$ ٢٦ ٣٣° ثم
تبتدئ بعدها في الانحدار حتى تصل الى نقطة ب في ٢٢ سبتمبر فتكون
في خط الاستواء أي لا ارتفاع لها ثم تنخفض الى نقطة د فتصلها في
٢٢ ديسمبر ويكون انخفاضها $٥٠,٦^\circ$ ٢٦ ٣٣° اذن لو رصدنا على الشمس
في احدى أيام السنة وأردنا معرفة خط العرض فليس هناك سوى استخراج
قيمة الميل الاستوائى (ارتفاعها أو انخفاضها عن خط الاستواء) في هذا
اليوم (وهذا يمكن معرفته من التقاويم السنوية) ويكون موجباً في المدة
من ٢١ مارس الى ٢٢ سبتمبر وسالباً في المدة من ٢٢ سبتمبر الى ٢١ مارس
فان كان موجباً معناه ان الشمس فوق خط الاستواء وان كان سالباً معناه
أنها تحت خط الاستواء ويرسم شكل نمرة ٩ وموقع الشمس بالنسبة لخط



الاستواء في هذا اليوم وقراءة زاوية ارتفاع الشمس عن أفق الراصد وقت
المرور بالزوال (أى وقت وصولها لأقصى ارتفاع في الظهر تقريباً)
فالقوس من الأفق الى الشمس هو ارتفاع الشمس عن أفق الراصد

يوم ٢٨ نوفمبر سنة ١٩٢٥ والقوس من ٥ الى الشمس هو مقدار انخفاض الشمس
عن خط الاستواء (الميل الاستوائى للشمس يوم ٢٨/١١/١٩٢٥ الذى استخرج
من التقاويم لسنة ١٩٢٥) وسنأتى على شرحه فى الرسالة المقبلة وبمجموع هذين
القوسين هو ارتفاع خط الاستواء عن أفق الراصد أى الزاوية المتممة لخط
العرض وبطرحها من ٩٠° ينتج خط العرض ويجب مراعاة الانكسار
الفلكى وبعدنا عن مركز الأرض، وهذه هى الارصاد التى عملت بمقرتنا
وتحت مباشرة حضرة المحترم حسن افندى كمال سرى الباشمهندس
بتودوليت. نمرة ٨٣٠٤ بوصة ٦ ذات ورنية رأسية عند مرور الشمس
بخط الزوال أى عند ما وصلت الى أقصى ارتفاع لها

وقت الراصد	الزاوية الرأسية النظارة جهة اليمين	الزاوية الرأسية النظارة جهة الشمال
A	٢٠ ٤٢ ٣٨	٣٠ ٤٣ ٣٨
B	٠٠ ٤٣ ٣٨	٠٠ ٤٣ ٣٨
متوسط الأربعة قرارات ٥٧,٥ ٤٢ ٣٨		
زاوية ارتفاع الشمس عن أفق الجيزة وقت الظهور ٥٧,٥ ٤٢ ٣٨		
- الانكسار الفلكى ١ ١٢		
<hr/>		
٤٥,٥ ٤١ ٣٨		
+ البعد عن مركز الأرض (تقريباً) ٩		
<hr/>		
٥٤,٥ ٤١ ٣٨		
+ الميل الاستوائى انخفاض الشمس عن خط الاستواء ١٨ ١٦ ٢١		
<hr/>		
١٢,٥ ٥٨ ٥٩		
متمم خط العرض (ارتفاع خط الاستواء عن أفق الجيزة) ٩٠ ٠٠ ٠٠		
<hr/>		
خط عرض الجيزة ٤٧,٥ ٠١ ٣٠		

ولو فورنت هذه النتيجة بخط عرض الجيزة من واقع الخرائط لما وجد هناك فرق ما اللهم الا من يضع ثوان تنشأ عن أن الأرصاد كانت يتودوليت ذات ورنية وليس يتودوليت من الحجم العظيم المستعمل للأرصاد الفلكية خصيصاً

« ضبط الساعة »

قد يتصادف في كثير من الأحوال أن يكون الانسان بقرية ليس بها ساعة فلكية يرجع اليها في ضبط المواقيت فلو كانت ساعته مثلاً تقدم في اليوم الواحد دقيقة واحدة وتركت على حالها فانها بعد مضي ثلاثة أشهر تكون قد تقدمت $6 \times 30 \times 3 = 90$ دقيقة أو ساعة ونصف وهذا فرق جسيم ولتلاشي مثل هذا الفرق يجب على الانسان رصد ساعته أى معرفة حالتها من حيث تقديمها وتأخيرها وتلاشيها أولاً بأول وذلك بالطريقة الآتية

ضع التيودوليت وضماً فنياً في نقطة ما (ويحسن أن تكون نقطة ثابتة) وجه النظارة إلى احدى النجوم المضيئة جهة الجنوب (إذ تكون سريعة السير عن النجوم التي جهة الشمال) واجعل هذه النجمة في تقاطع شعرتي النظارة الأفقية والرأسية وذلك بعد ربط مسامير التيودوليت للحافتين العليا والسفلى وربط مسمار النظارة نفسها ثم انظر إلى ساعتك واحفظ الزمن المئين بها، اترك التيودوليت على حاله مدة أربعة وعشرين ساعة تقريباً ثم في الوقت نفسه من اليوم التالى راقب هذه النجمة حتى تمر بنقاط الشعرتين تماماً (كما في اليوم السابق) وبذا انتهت عملية الرصد، انظر إلى ساعتك وفي هذه الحالة يجب أن يكون الوقت المئين بها كما كان بالأمس

ينقص ٥٦,٥٥ ٣ أى ثلاثة دقائق وستة وخمسين ثانية وخمسة وخمسين جزءاً من المائة من الثانية وهى فرق اليوم الشمسى من اليوم النجمى وتعمل هذه العملية مرات عديدة وعلى نجوم مختلفة ليثق الإنسان من دقة عمله ، والفرق بين ما أوضحتم به ساعتك وما يجب أن تكون عليه هو خطأها فإن كانت أسرع يجب تأخيرها يوماً بهذا القدر وإن كانت أبطأ فيجب تقديمها مثلاً : إذا رصدنا على نجمة ما فى يوم ٨ ديسمبر سنة ١٩٢٥ وكانت الساعة ٧ مساءً ثم رصدنا عليها (كما أوضحنا) فى اليوم التالى فيجب أن يكون وقت مرورها بقاطع شعرتى النظارة بالتبديوليت هو ٧ ساعة

— ٥٦,٥٥ ٣ —

٥٦,٤٥ ٣

فإن كانت الساعة إذ ذاك ٥٤ ٦ فتكون بطيئة قيمة دقيقتين وثلاثة ثوان ونصف ثانية تقريباً وإن كانت ٥٨ ٦ فتكون سريعة بمقدار ٥٦ ١ ويجب تأخيرها كل يوم بهذا المقدار

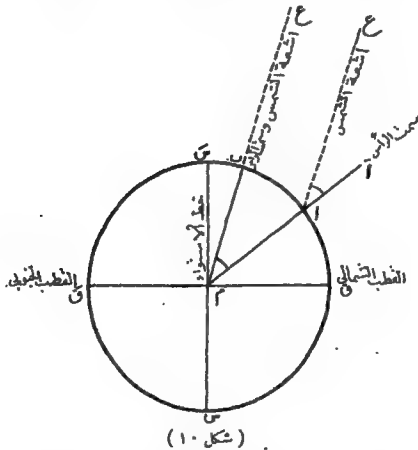
❖ تاريخ قياس الدرجة الأرضية ❖

علم الجيوديزى هو العلم الذى يبحث فى القواعد الثابتة التى تمهد لنا طريقة استخراج مساحة جزء على سطح الكرة الأرضية وامكان رسمه على خريطة بحالة دقيقة ، ولو كانت الأرض مسطحة كما كان يعتقد أسلافنا لما كان هناك حاجة لهذا العلم ولأمكننا بواسطة الهندسة والمثلثات المستوية معرفة أى جزء على سطح الأرض ، أما والأرض كروية فيجب علينا معرفة حساب المثلثات الكروية (ومنأتى على ذكر قوانينه فى الرسالة المقبلة)
الطوبوغرافيا (٩)

لأننا لو اتخذنا ثلاثة تقط على سطح الكرة الأرضية وعلى إبعاد عظيمة من بعضها وليكن طول الضلع مثلاً ٣٠٠ أو ٤٠٠ كيلومتراً ورصدت زوايا هذا المثلث فإن مجموع الزوايا يجب أن يزيد عن ١٨٠° ويستند العلماء على كروية الأرض بأدلة قاطعة قوية نذكر منها ظهور أعلى السفينة قبل أسفلها وارتفاع النجمة القطبية عن أفق الراصد كلما اقترب إلى القطب أضف إلى ذلك أن المكتشفين الذين أرادوا أن يرحلوا حول الأرض وابتدأوا من نقطة واتجهوا إلى الشرق منها تماماً رجعوا إلى النقطة التي ابتدأوا منها بعد الطواف على محيط الأرض جميعه ، إلا أن حالة تكور الأرض لم تثبت تماماً فمن قائل أنها كروية مفرطحة عند القطبين ومن قائل أنها كروية يضاوية الشكل ومن قائل أنها كروية تماماً ومن قائل أنها منبجعة عند خط الاستواء وسنذكر بكلمة موجزة تاريخ كل اعتقاد والأسباب التي أُنسند إليها

أن أول من بحث في شكل الأرض هم علماء اليونان Anaximander الذي عاش في سنة ٥٧٠ قبل الميلاد وحكم بأنها اسطوانية الشكل وارتفاعها يساوي ثلاثة أضعاف قطرها ثم تبعه Plato سنة ٤٠٠ قبل الميلاد ظن أنها مكعبة الشكل ويليها Aristote سنة ٣٤٠ قبل الميلاد أدلى بأدلة على أنها كروية الشكل ووافقه في رأيه Archimedes سنة ٢٥٠ قبل الميلاد وقدر علماء الهندسة في ذلك الوقت أن يحيطها يساوي ٣٠٠,٠٠٠ قامة وأول اِرصاد فلكية عملت لتحمين شكل الأرض كانت بمصر بواسطة Eratosthenes سنة ٢٣٠ قبل الميلاد والطريقة التي اتبعها وإن كانت كثيرة المصاعب في عملها إلا أنها ترتكز على أساس هندسى صحيح وبها استطاع

أن يقدر محيط الكرة الأرضية بـ ٢٥٠,٠٠٠ قامة واليك الطريقة التي اتبعها — لاحظ ان الشمس في قرية قريبة من اصوان (Seyne) تكون في فصل الصيف عمودية على سمت الرأس بينما تكون في الاسكندرية وفي نفس الوقت على انخفاض ١٧° من سمت الرأس والمسافة من اصوان إلى الإسكندرية هي ٥٠٠٠ قامة إذن فمحيط الكرة الأرضية الذي هو ٥٠ ضعفًا للقوس بين اصوان والإسكندرية $= ٥٠٠٠ \times ٥٠ = ٢٥٠,٠٠٠$ قامة إلا أن طول القامة الحقيقي لم يمكن العثور عليه لنا لا يمكن الحكم على قيمة ضبط هذا القياس والشكل عينه (١٠) يوضح هذه النظرية بجلاء



الدائرة م-ب-أ-د-ه تمثل الكرة الأرضية التي مركزها في م-ه-د هو محور الكرة الأرضية أي القطبين الشمالي والجنوبي م-س خط الاستواء

ه القطب الشمالى ١ موقع الراصد فى الاسكندرية - ب موقع الراصد فى
أصوان حيث تكون الشمس فى سمت الرأس ع ١ و ع ب هو اتجاه
أشعة الشمس فى فصل الصيف وهى خطوط متوازية نظراً لبعده الشمس
عن الأرض بعداً عظيماً وصغر حجم الأرض بالنسبة الى الشمس وزاوية ١ ع
هى الزاوية التى تتخفف بها الشمس عن سمت الرأس فى الاسكندرية وهى
تساوى الزاوية المركزية ٢ ب (زاويتين متناظرتين) فلو قيست المسافة
١ ب والزاوية ٢ ب لأمكن معرفة طول محيط الدائرة التى نصف قطرها
٢ ب أى انه لو كانت هذه الزاوية $\frac{1}{60}$ من أربعة زوايا قائمة فالمحيط وهو
أربعة زوايا قائمة يساوى ٥ ضعفاً لطول هذه المسافة وتسمى هذه الطريقة
بطريقة قياس قوس الزوال

ويمكن أيضاً قياس قوس الزوال بين جهتين لا تمر الشمس بسمت
الرأس باحدهما وقت الزوال بأن تكون الشمس شمال سمت الرأس
أو جنوبه ويكون مجموع الزاويتين فى حالة اختلاف انحراف الشمس عن سمت
الرأس فى الجهتين هى الزاوية المركزية

التي تحصر القوس بين الجهتين ومنه
يمكن معرفة طول الدائرة الكاملة

$$ح + ب + د = ١٨٠$$

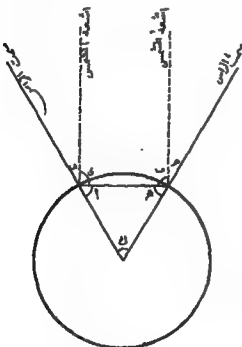
$$ب + د = ١٨٠$$

$$\text{وبالطرح } ح = د$$

$$ف + د = ح + ك$$

$$\text{وبالحل } ح + د = ح + د$$

$$ف + د = ح + د$$



(شكل ١١)

وبالطرح ك = ف + ح وهو المطلوب

ومن سنة ١٦٩٠ لغاية سنة ١٧١٨ قام Cassini بعمل مساحة لفرنسا روعيت فيها الدقة الممكنة واستطاع معرفة قيمة الدرجة الرضوية التي كانت تزايد كلما اتجه الى خط الاستواء ومن هنا استدل على أن الأرض مفرطة جهة خط الاستواء (وهذا يخالف ما اثبته العلماء فيما بعد)
إلا أن Newton استطاع اثبات عكس ذلك وإن الأرض كروية مفرطة جهة القطبين وليست جهة خط الاستواء واليك الأسباب التي استند عليها

ففي سنة ١٦٨٧ نشر الجزء الثالث لكتابه المسمى Newton's Principal الذي بحث فيه عن الأرصاد التي قام بها Richer الذي أرسل مع بعثة فلكية الى Cayenne في أمريكا الجنوبية قرب خط الاستواء حيث لاحظ أن ساعته التي كانت بمنتهى الدقة والضبط عند ما كانت في باريس ابتدأت تؤخر ثابنتين يومياً عند ما وصل الى Cayenne وأمكنه ضبطها بتقصير ساق البندول واستطاع أن يحكم أن Cayenne أبعد عن مركز الكرة الأرضية من باريس إذ أن قوة جاذبية الأرض تؤثر في حركة اهتزاز البندول من حيث السرعة والإبطاء فكما قرب من مركز الأرض كانت الجاذبية قوية وسرعة اهتزاز البندول أكبر مما لو بعد عن مركز الأرض واستطاع بإجراء عمليات حساسية أن يقدر قيمة المفرطة عند القطبين بما يساوي من $\frac{1}{18}$ الى $\frac{1}{3}$ من طول قطر الأرض وقد كانت نظرياته هذه موضع جدال ومناقشة انتهت بأن الجامعة العلمية الفرنسية قررت إيفاد بعثتين فلكيتين احدهما جهة خط الاستواء والأخرى جهة الشمال منه فسافرت

أولاهما في سنة ١٧٣٥ الى Lapland والأخرى الى Peru وأنشأت كل منهما قاعدة لها وكونت عليها شبكات مثلثة فاستطاعت أولاهما أن تعود بعد سنتين بعد أن قاست مسافة ٩٣٧٧٨ ذراعاً (Toises) قيمتها ١,٦٢٢١ درجة عرضية ورجعت الثانية بعد سبعة أعوام بعد أن قاست مسافة ١٧٦٨٧٥ ذراعاً (Toises) قيمتها ٣,١١٧٦ درجة عرضية ومن هذه الأرصاد والمقاسات استطاعت الجامعة العلمية أن تحكم بأن الأرض كروية مفترضة جهة القطبين ما دامت أطوال درجات خط العرض تتزايد كلما اقتربت من القطبين واستندت على النتائج الآتية — مع ملاحظة أن الـ Toise هو عبارة عن ذراع طولى فرنساوى يقدر الآن بنحو ١,٩٤٩ متراً

		طول الدرجة العرضية الواحدة مقاسة على خطوط الزوال ذراعاً	
	خط العرض		
Lapland	شمال خط الاستواء	٦٦ ٢٠	٥٧٤٣٨
France	» »	٤٩ ٢٢	٥٧٠٦٠
Peru	» جنوب	١ ٤٣	٥٦٧٢٨

وهذا التفرطح ضئيل بحيث أنه يمكن اعتبار الكرة الأرضية كروية تماماً في أحوال معينة ذلك لأنه لو صغرنا الكرة بحيث يصير قطرها الممتد بموازاة خط الاستواء ١٦ بوصة مثلاً فإن قطرها الممتد عند القطبين = ١٥,٩٤٥ بوصة وهذا فرق ضئيل للغاية لا يمكن تقديره بالعين المجردة من هنا ينشأ أن قطرى الأرض غير متساويين وإن احدهما وهو

المتد عند القطبين (شمالاً وجنوباً) أصغر قليلاً من المتد بموازاة خط الاستواء ويترب على هذا أن طول الدرجات العرضية غير متساو في كل الجهات ويمكن تسميلاً للعمل اتخاذ متوسط لطول الدرجة العرضية في مختلف الجهات أى من خط الاستواء الى القطبين أو بمعنى آخر أن متوسط طول الدرجة العرضية هو طول أحد أرباع محيط الكرة الأرضية مقسوماً على ٩٠

$$\begin{aligned} & \text{وهو يساوى } 100011997 \div 90 = 111133 \text{ متراً} \\ & \text{أى أن متوسط طول الدرجة العرضية} = 111133 \text{ متراً} \\ & \text{» » » » الدقيقة } = 1852,2 \text{ متراً} \\ & \text{» » » » الثانية } = 30,87 \text{ متراً} \end{aligned}$$

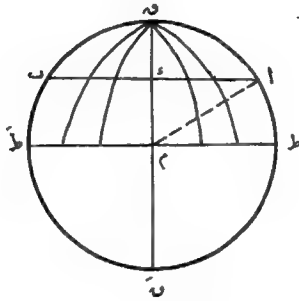
وهنا يحسن أن نذكر مقاس انصاف أقطار الكرة الأرضية التى اصطلاح عليه العلماء . فقد ذهب بعضهم الى أن نصف قطر الكرة الأرضية الموازى لخط الاستواء هو ٦٣٥٦٧٣٩٨ متراً .

- » وان نصف قطرها المتد من القطبين هو ٦٣٥٦٠٨٠
- » وذهب البعض الاخر الى أن نصف قطرها الموازى لخط الاستواء هو ٦٣٧٨٢٧٨
- » وان » » المتد من القطبين هو ٦٣٥٦٦٥٤

طول الدرجة الطولية

مقاسه على الأوقاسى الموازية لدائرة خط الاستواء

الدرجة الطولية تكون أكبر ما يكون عند خط الاستواء وتنقص تدريجياً الى أن تصل الى القطبين حيث تتقابل متجمعة ولا يكون لها طول ما



(شكل ١٢)

والشكل ١٢ يمثل الكرة الأرضية وعليها خطوط الطول والعرض ط خط الاستواء ن س محاور الكرة الأرضية (القطبين) ١ نقطة على سطح الكرة الأرضية التي نركزها في ٢ وبما أن المسافة ٢ ١ هي نصف قطر الكرة الأرضية والمسافة ١ ٤ هي نصف قطر الدائرة الصغرى فينشأ من هذا أن (١=٢) مضروباً في جازاوية (٢ ١) أو في جيب تمام الزاوية المتممة لها ٢ ١ ط التي هي خط عرض مكان الراصد في نقطة ١ اذن فطول الدرجة الطولية في خط عرض ما هو طول الدرجة الطولية في خط الاستواء

مضروباً في جتا خط عرض مكان الراصد بمعنى أنه اذا كان طول الدقيقة الطولية في خط الاستواء = ١٨٥٢ متراً فان طول الدقيقة الطولية في خط عرض ٤٠ هو ١٨٥٢ × جتا ٤٠ = ١٤١٩ متراً ومع هذا جدول يبين طول الدرجة والدقيقة والثانية في كل من خطي الطول والعرض ومتى علمت أطوال الدرجة والدقيقة والثانية في كل من خطي الطول والعرض فيمكن عمل خريطة بقياس ما تحصر مسافة عرضية معينة وليكن درجة شمال أو جنوب خط الاستواء (حسب موقع المملكة المراد عمل خريطة لها) كذا تحصر مسافة طولية معينة درجة شرق أو غرب خط جرينوتش وعلى هذه اللوحة يمكن تثبيت نقط المثلثات التي تعين لها خط الطول والعرض وذلك بواسطة آلة الاحداثيات بقلم الحساب



جدول

الوقت الفلكي للمرور

سنة ١٩٢٣		سنة ١٩٢٤		سنة ١٩٢٥		الفرق لليوم الواحد مقدراً بالدقيقة
ساعة	دقيقة	ساعة	دقيقة	ساعة	دقيقة	
٦	٥٠,٢	٦	٥١,٨	٦	٤٩,٢	٢,٩٥
٥	٥٤,٩	٥	٥٦,٥	٥	٥٢,٩	٢,٩٥
٤	٤٧,٨	٤	٤٩,٤	٤	٤٦,٨	٢,٩٥
٣	٥٢,٥	٣	٥٤,١	٣	٥١,٥	٢,٩٤
٢	٥٧,٢	٢	٥٤,٨	٢	٥٦,٢	٢,٩٤
١	٢,٢	١	٥٩,٥	١	١,٠	٢,٩٣
٠	٥٥,٤	٠	٥٢,٨	٠	٥٤,٢	٢,٩٣
٢٣	٥٦,٤	٢٣	٥٢,٩	٢٣	٥٥,٢	٢,٩٢
٢٢	٥٢,٦	٢٢	٥١,٢	٢٢	٥٢,٦	٢,٩٢
٢١	٥٨,٧	٢١	٥٦,٢	٢١	٥٧,٧	٢,٩٢
٢٠	٥١,٩	٢٠	٤٩,٤	٢٠	٥٠,٩	٢,٩١
١٩	٥٧,١	١٩	٥٤,٦	١٩	٥٦,١	٢,٩١
١٨	٥٤,٦	١٨	٥٢,٠	١٨	٥٢,٥	٢,٩١
١٧	٤٩,٩	١٧	٥٧,٣	١٧	٥٨,٨	٢,٩٢
١٦	٥٢,٣	١٦	٥٠,٧	١٦	٥٢,١	٢,٩٢
١٥	٥٨,٥	١٥	٥٥,٩	١٥	٥٧,٣	٢,٩٢
١٤	٥١,٧	١٤	٤٩,٢	١٤	٥٠,٦	٢,٩٢
١٣	٥٦,٩	١٣	٥٤,٣	١٣	٥٥,٧	٢,٩٣
١٢	٥٤,١	١٢	٥١,٥	١٢	٥٢,٩	٢,٩٣
١١	٥٩,١	١١	٥٦,٥	١١	٥٧,٩	٢,٩٣
١٠	٥٢,٣	١٠	٤٩,٨	١٠	٥١,٢	٢,٩٤
٩	٥٧,٢	٩	٥٤,٧	٩	٥٦,١	٢,٩٤
٨	٥٤,٠	٨	٥١,٥	٨	٥٢,٠	٢,٩٤
٧	٥٨,٨	٧	٥٦,٣	٧	٥٧,٨	٢,٩٤

نشرة ١

العلوى للنجم القطبي

الأيام	سنة ١٩٢٠		سنة ١٩٢١		سنة ١٩٢٢	
	ساعة	دقيقة	ساعة	دقيقة	ساعة	دقيقة
من ١ الى ١٤ يناير	٦	٤٩و٩	٦	٤٧و٤	٦	٤٨و٨
١٥ ١ ٣١ يناير	٥	٥٤و٦	٥	٥٣و١	٥	٥٣و٥
١٤ ١ ٣ فبراير	٤	٤٧و٥	٤	٤٥و٠	٤	٤٦و٤
١٤ ١ ٢٩ فبراير	٣	٣٥و٢	٣	٤٩و٧	٣	٥١و١
١٤ ١ ١ مارس	٢	٥٣و٠	٢	٥٤و٤	٢	٥٥و٩
١٥ ١ ٣١ مارس	١	٥٧و٧	١	٤٩و٢	١	٠و٧
١٤ ١ ١ أبريل	٠	٥٠و٩	٠	٥٢و٤	٠	٥٣و٩
١٥ ١ ٣٠ أبريل	٢٣	٥٢و٠	٢٣	٥٢و٤	٢٣	٥٤و٩
١٤ ١ ١ مايو	٢٢	٤٩و٣	٢٢	٥٠و٧	٢٢	٥٢و٢
١٥ ١ ٣١ مايو	٢١	٥٤و٤	٢١	٥٥و٨	٢١	٥٧و٣
١٤ ١ ١ يونيو	٢٠	٤٧و٦	٢٠	٤٩و٠	٢٠	٥٠و٥
١٥ ١ ٣٠ يونيو	١٩	٥٢و٨	١٩	٥٤و٢	١٩	٥٥و٧
١٤ ١ ١ يوليو	١٨	٥٠و٢	١٨	٥١و٦	١٨	٥٣و١
١٥ ١ ٣١ يوليو	١٧	٥٥و٥	١٧	٥٦و٩	١٧	٥٨و٤
١٤ ١ ١ أغسطس	١٦	٤٨و٩	١٦	٥٠و٣	١٦	٥١و٨
١٥ ١ ٣١ أغسطس	١٥	٥٤و١	١٥	٥٥و٥	١٥	٥٧و٠
١٤ ١ ١ سبتمبر	١٤	٤٧و٤	١٤	٤٨و٩	١٤	٥٠و٣
١٥ ١ ٣٠ سبتمبر	١٣	٥٢و٥	١٣	٥٤و٠	١٣	٥٥و٤
١٤ ١ ١ أكتوبر	١٢	٤٩و٧	١٢	٥١و٢	١٢	٥٢و٦
١٥ ١ ٣١ أكتوبر	١١	٥٤و٧	١١	٥٦و٢	١١	٥٧و٦
١٤ ١ ١ نوفمبر	١٠	٤٧و٩	١٠	٤٩و٤	١٠	٥٠و٨
١٥ ١ ٣٠ نوفمبر	٩	٥٢و٨	٩	٥٤و٣	٩	٥٥و٧
١٤ ١ ١ ديسمبر	٨	٤٩و٦	٨	٥١و١	٨	٥٢و٥
١٥ ١ ٣١ ديسمبر	٧	٥٤و٤	٧	٥٥و٩	٧	٥٧و٢

جدول عمرة ٢

التصحيح الواجب مراعاته في أيام الشهر المتداخلة بين ١ و ٣١

أيام الشهر	الفرق ليوم واحد مقدراً بالدقائق الزمنية				
	٣٠٩١	٣٠٩٢	٣٠٩٣	٣٠٩٤	٣٠٩٥
٢ أو ١٦	٢٠٩	٢٠٩	٢٠٩	٢٠٩	٢٠٩
٣ أو ١٧	٧٠٨	٧٠٨	٧٠٩	٧٠٩	٧٠٩
٤ أو ١٨	١١٠٧	١١٠٨	١١٠٨	١١٠٨	١١٠٨
٥ أو ١٩	١٥٠٦	١٥٠٧	١٥٠٧	١٥٠٨	١٥٠٨
٦ أو ٢٠	١٩٠٥	١٩٠٦	١٩٠٦	١٩٠٧	١٩٠٧
٧ أو ٢١	٢٣٠٥	٢٣٠٥	٢٣٠٦	٢٣٠٦	٢٣٠٧
٨ أو ٢٢	٢٧٠٤	٢٧٠٤	٢٧٠٥	٢٧٠٦	٢٧٠٦
٩ أو ٢٣	٣١٠٣	٣١٠٤	٣١٠٤	٣١٠٥	٣١٠٦
١٠ أو ٢٤	٣٥٠٢	٣٥٠٣	٣٥٠٤	٣٥٠٥	٣٥٠٥
١١ أو ٢٥	٣٩٠١	٣٩٠٢	٣٩٠٣	٣٩٠٤	٣٩٠٥
١٢ أو ٢٦	٤٣٠٠	٤٣٠١	٤٣٠٢	٤٣٠٣	٤٣٠٤
١٣ أو ٢٧	٤٧٠٩	٤٧٠٠	٤٧٠٢	٤٧٠٣	٤٧٠٤
١٤ أو ٢٨	٥١٠٨	٥١٠٠	٥١٠١	٥١٠٢	٥١٠٣
٢٩	٥٥٠٧	٥٥٠٩	٥٥٠٠	٥٥٠٢	٥٥٠٣
٣٠	٥٨٠٦	٥٨٠٨	٥٨٠٩	٥٨٠١	٥٨٠٢
٣١	٦٢٠٦	٦٢٠٧	٦٢٠٩	٦٢٠٠	٦٢٠٢

جدول غمرة ٣

انحراف النجم القطبي عن الشمال الحقيقي أثناء مروره شرقاً أو غرباً

خطوط العرض درجة	سنة ١٩٢٠		سنة ١٩٢١		سنة ١٩٢٢	
	درجة	دقائق	درجة	دقائق	درجة	دقائق
٢٥	١	١٤٥٣	١	١٤٥٠	١	١٣٥٦
٢٦		١٤٥٩		١٤٥٦		١٤٥٣
٢٧		١٥٥٦		١٥٥٣		١٥٥٠
٢٨		١٦٥٣		١٦٥٠		١٥٥٧
٢٩		١٧٥١		١٦٥٧		١٦٥٣
٣٠	١	١٧٥٩	١	١٧٥٥	١	١٧٥١
٣١		١٨٥٦		١٨٥٢		١٧٥٩
٣٢		١٩٥٤		١٩٥٠		١٨٥٧
٣٣		٢٠٥٣		١٩٥٩		١٩٥٦
٣٤		٢١٥٣		٢١٥٠		٢٠٥٦
٣٥	١	٢٢٥٢	١	٢١٥٩	١	٢١٥٥
٣٦		٢٣٥٤		٢٢٥٠		٢٢٥٦
٣٧		٢٤٥٤		٢٤٥١		٢٣٥٧
٣٨		٢٥٥٦		٢٥٥٢		٢٤٥٨
٣٩		٢٦٥٧		٢٦٥٣		٢٥٥٩
٤٠	١	٢٨٥٠	١	٢٧٥٦	١	٢٧٥٢
٤١		٢٩٥٤		٢٨٥٩		٢٨٥٥
٤٢		٣٠٥٧		٣٠٥٣		٢٩٥٩
٤٣		٣٢٥٢		٣١٥٧		٣١٥٣
٤٤		٣٣٥٦		٣٢٥٢		٣٢٥٨
٤٥	١	٣٥٥٣	١	٣٤٥٩	١	٣٤٥٤
٤٦		٣٦٥١		٣٦٥٦		٣٦٥٢
٤٧		٣٩٥٠		٣٨٥٥		٣٨٥١
٤٨	١	٤٠٥٨	١	٤٠٥٣	١	٣٩٥٩

جدول فقرة ٤

يبين قيمة الإنكسار الفلكي لأي ارتفاع عن الأفق

(هذه القيمة تستزل من الارتفاع الظاهري)

[illegible]

جدول نمرة ٥ - (أطوال الممرجات العرضية)
بين أطوال الأقواس ، مقاسة فوق خطوط الزوال

خط العرض	طول الدرجة		طول الدقيقة متر	طول الثانية متر
	باللتر	باللير		
٠٠	٦٤٧٠٣	١١٠٥٦٨	١٨٤٢و٨١	٣٠و٧١٣
٠٥	٦٤٧٠٩	١١٠٥٧٧	١٨٤٢و٩٥	٣٠و٧١٦
١٠	٦٧٢٥	٦٠٢	٢و٣٧	٢و٧٢٣
١٥	٦٧٥١	٦٤٤	٤و٠٦	٢و٧٣٤
٢٠	٦٧٨٦	٧٠٠	٤و٩٨	٢و٧٥٠
٢١	٦٧٩٤	٧١٣	٥و٢١	٢و٧٣٧
٢٢	٦٨٠٢	٧٢٦	٥و٤٤	٢و٧٤١
٢٣	٦٨١٠	٧٤٠	٥و٦٨	٢و٧٦١
٢٤	٦٨١٩	٧٥٤	٥و٩١	٢و٧٦٥
٢٥	٦٨٢٩	٧٦٩	٦و١٥	٢و٧٦٩
٢٦	٦٨٣٨	١١٠٧٨٥	١٨٤٢و٤١	٣٠و٧٧٣
٢٧	٦٨٤٨	٨٠٠	٦و٦٧	٢و٧٧٨
٢٨	٦٨٥٨	٨١٦	٦و٩٤	٢و٧٨٢
٢٩	٦٨٦٨	٨٣٣	٧و٢١	٢و٧٨٧
٣٠	٦٨٧٧	١١٠٨٥٠	١٨٤٧و٤٩	٣٠و٧٩١
٣١	٦٨٨٩	٨٦٧	٧و٧٨	٢و٧٩٦
٣٢	٦٩٠٠	٨٨٤	٨و٠٧	٢و٨٠١
٣٣	٦٩١١	٩٠٢	٨و٣٧	٢و٨٠٦
٣٤	٦٩٢٣	٩٢٠	٨و٦٧	٢و٨١١
٣٥	٦٩٣٤	١١٠٩٣٩	١٨٤٨و٦٨	٣٠و٨١٦
٣٦	٦٩٤٦	٩٥٧	١٨٤٩و٢٩	٢و٨٢١
٣٧	٦٩٥٧	٩٧٦	١٨٤٩و٦٠	٢و٨٢٧
٣٨	٦٩٦٩	٩٩٥	١٨٤٩و٩٢	٢و٨٣٢
٣٩	٦٩٦٨١	١١١٠١٤	١٨٥٠و٢٤	٢و٨٣٧
٤٠	٦٩٩٣	٠٣٤	٥و٣٦	٢و٨٤٣
٤١	٦٩٠٠٥	٠٥٣	٥و٨٩	٢و٨٤٨
٤٢	٦٩٠١٧	٠٧٣	٥و٢٢	٢و٨٥٤
٤٣	٦٩٠٢٩	٠٩٣	٥و٥٤	٢و٨٥٩
٤٤	٦٩٠٤٢	١١٢	٥و٨٧	٢و٨٦٥
٤٥	٦٩٠٥٤	١١١١٣٢	١٨٥٢و٢٠	٣٠و٨٧٠
٤٦	٦٩٠٦٧	١٥٢	٢و٥٣	٢و٨٧٦
٤٧	٦٩٠٧٩	١٧٢	٢و٨٦	٢و٨٨١
٤٨	٦٩٠٩١	١٩١	٢و١٩	٢و٨٨٦
٤٩	٦٩١٠٣	٢١١	٢و٥١	٢و٨٩٢
٥٠	٦٩١١٥	١١١٢٣١	١٨٥٣و٨٤	٣٠و٨٩٧
٥١	٦٩١٢٧	٢٥٠	١و١٦	٢و٩٠٣
٥٢	٦٩١٣٩	٢٦٩	٤و٤٩	٢و٩٠٨
٥٣	٦٩١٥١	٢٨٨	٤و٨١	٢و٩١٣
٥٤	٦٩١٦٣	٣٠٧	٥و١٢	٢و٩١٩
٥٥	٦٩١٧٥	٣٢٦	٥و٤٣	٢و٩٢٤
٦٠	٦٩٢٣٠	٤١٦	٥و٦٩	٢و٩٤٩
٦٥	٦٩٢٨١	٤٩٧	٥و٨٢	٢و٩٦١
٧٠	٦٩٣٣٤	٥٦٧	٥و٩٥	٢و٩٦١
٧٥	٦٩٣٦٠	٦٢٤	١٨٦٠و٤٠	٣١و٠٠٧
٨٠	٦٩٣٨٦	٦٦٦	١و١٠	٢و٠١٨
٨٥	٦٩٤٠٢	٦٩٢	١و٥٣	٢و٠٢٦
٩٠	٦٩٤٠٧	٧٠١	١و٦٨	٢و٠٢٨

جدول نمرة ٦ - (أطوال الدرجات الطولية)

يبين أطوال الأقواس ، مقاسة فوق الدوائر الموازية لخط الاستواء

خط العرض	طول الدرجة		طول الدقيقة متر	طول الثانية متر
	بالليل	بالمتر		
٠٠	٦٩و١٧١	١١١٣٢٢	١٨٥٥و٣٦	٣٠و٩٢٣
٠٥	٦٨و١١١	١٠١٩٠١	١٨٤٨و٣٥	٣٠و٨٠٦
١٠	٦٨و١٧٨	١٠٦٤٤٢	١٨٢٧و٣٦	٣٠و٤٥٦
١٥	٦٦و٨٣٠	١٠٧٥٥٣	١٧٩٢و٥٥	٢٩و٧٠٩
٢٠	٦٥و٠٢٦	١٠٤٦٥٠	١٧٤٤و١٦	٢٩و٠٦٩
٢١	٦٤و٦٠٦	١٠٣٩٧٣	١٧٣٢و٨٩	٢٨و٨٨١
٢٢	٦٤و١٦٦	١٠٣٢٦٥	١٧٢١و٠٨	٢٨و٦٨٥
٢٣	٦٣و٧٠٦	١٠٢٥٢٥	١٧٠٨و٧٦	٢٨و٤٧٩
٢٤	٦٣و٢٧٧	١٠١٧٥٥	١٦٩٥و٦١	٢٨و٢٦٥
٢٥	٦٢و٧٢٩	١٠٠٩٥٣	١٦٨٢و٥٥	٢٨و٠٤٢
٢٦	٦٢و٢١٢	١٠٠١٢١	١٦٦٨و٦٨	٢٧و٨١١
٢٧	٦١و٦٧٦	٩٩٢٥٨	١٦٥٤و٣٠	٢٧و٥٦٢
٢٨	٦١و١٢١	٩٨٢٦٥	١٦٣٦و٤١	٢٧و٣٢٢
٢٩	٦٠و٥٤٨	٩٧٤٤٢	١٦٢٤و٠٢	٢٧و٠٦٧
٣٠	٥٩و٦٥٦	٩٦٤٨٩	١٦٠٨و١٦	٢٦و٨٠٣
٣١	٥٩و٣٤٥	٩٥٥٠٧	١٥٩١و٧٩	٢٦و٥٣٠
٣٢	٥٨و٧١٧	٩٤٤٩٦	١٥٧٤و٦٤	٢٦و٢٤٩
٣٣	٥٨و٠٧١	٩٣٤٥٦	١٥٥٧و٦١	٢٥و٩٦٠
٣٤	٥٧و٤٠٧	٩٢٣٨٨	١٥٣٦و٨٠	٢٥و٦٦٣
٣٥	٥٦و٧٧٦	٩١٢٩١	١٥٢١و٥٢	٢٥و٣٥٩
٣٦	٥٦و٠٢٧	٩٠١٦٧	١٥٠٦و٧٨	٢٥و٠٤٦
٣٧	٥٥و٢١١	٨٩٠١٥	١٤٨٣و٥٨	٢٤و٧٢٦
٣٨	٥٤و٥٧٨	٨٧٨٣٦	١٤٦٣و٦٣	٢٤و٢٦٥
٣٩	٥٣و٨٢٩	٨٦٦٣٠	١٤٤٣و٨٣	٢٤و٠٦٤
٤٠	٥٢و٠٦٣	٨٥٩٣٧	١٤٢٢و٢٨	٢٣و٨٧١
٤١	٥٢و٢٨١	٨٤١٣٨	١٤٠٢و٣١	٢٣و٢٧٢
٤٢	٥١و٤٨٣	٨٢٨٥٤	١٣٨٠و٩٠	٢٣و٠٦٥
٤٣	٥٠و٦٦٩	٨١٥٤٤	١٣٥٩و٠٧	٢٢و٦٥١
٤٤	٤٩و٨٤٠	٨٠٢٠٩	١٣٣٦و٨٢	٢٢و٢٨٠
٤٥	٤٨و٩٦٥	٧٨٨٥٠	١٣١٤و١٧	٢١و٦٠٣
٤٦	٤٨و١٣٥	٧٧٤٦٦	١٢٩١و١١	٢١و٥١٨
٤٧	٤٧و٢٦١	٧٦٠٥٩	١٢٦٧و٦٥	٢١و١٢٨
٤٨	٤٦و٣٧٢	٧٤٦٢٩	١٢٤٣و٨١	٢٠و٨٣٠
٤٩	٤٥و٤٦٩	٧٣١٧٥	١٢١٩و٥٨	٢٠و٣٦٢
٥٠	٤٤و٥٥٢	٧١٦٩٩	١١٩٤و٦٥	١٩و٩١١
٥١	٤٣و٦٢١	٧٠٢٠١	١١٧٠و٠١	١٩و٥٠٠
٥٢	٤٢و٦٧٦	٦٨٦٨١	١١٤٤و٦٨	١٩و٠٧٨
٥٣	٤١و٧١٩	٦٧١٤٠	١١١٦و٠١	١٨و٦٥٠
٥٤	٤٠و٧٤٩	٦٥٥٧٩	١٠٩٢و٦٨	١٨و٢٦٦
٥٥	٣٩و٧٦٦	٦٣٩٩٧	١٠٦٦و٦٢	١٧و٧٧٧
٦٠	٣٤و٦٧٤	٥٥٨٠٣	٩٣و٠٥٥	١٥و٥٠١
٦٥	٢٩و٣١٥	٤٧١٧٨	٧٨و٣٠٠	١٣و١٠٥
٧٠	٢٣و٧٢٩	٣٨١٨٩	٦٣و٤٨٨	١٠و٦٠٨
٧٥	١٧و٦٦٠	٢٨٩٠٤	٤٨١و٧٣	٠٨و٠٢٩
٨٠	١٢و٠٥١	١٩٢٦٥	٢٣٣و٢٤	٠٥و٣٨٧
٨٥	٦و٠٤٩	٩٧٣٥	١٦٢و٢٥	٠٢و٧٠٤
٩٠	٠و٠٠٠	٠٠٠	٠٠و٠٠٠	٠٠و٠٠٠

صفحة	سطر	خطاً	صواب
١٦	١٩	٦٦,٢٤٢٢	٣٦٦,٢٤٢٢
١٨	١٦	$= ١٢ \sim ١٧ \sim ١٤$ س	$= ١٢ \sim ١٧ \sim ١٤$ س
٢٠	٣	$١٧ \sim ٢٨ \sim ٢١$	$١٧ \sim ٢٨ \sim ٢١$
٢٥	١٢	$\times ١٨٠ \sim ٠٠ \sim ٠٠$	$+ ١٨٠ \sim ٠٠ \sim ٠٠$
٢٦	١٤	فرق الثلث الكروى	+ فرق الثلث الكروى
٣١	٤	٠٠٠٠٠٠٩٦٤ د	٠٠٠٠٠٠٦٩٤ د
٤٥	٨	١,٥٦٣ س	١,٥٦٣ س
٤٧	٢ وه ٦	وزنى	وزنى

Bibliotheca Alexandrina



0383317